

Universidad de Matanzas
Facultad de Ciencias Técnicas
Departamento de Construcciones



**Título: “MANUAL PARA LA APLICACIÓN DE
SISTEMAS GPS Y ESTACIÓN TOTAL EN LAS
EMPRESAS DEL SECTOR DE LA
CONSTRUCCIÓN EN LA PROVINCIA DE
MATANZAS”**

Trabajo de Diploma en Ingeniería Civil

Autor: Nguyễn Huỳnh Duy Bảo

Tutor: MSc. Ing. Manuel Pedroso Martínez

Matanzas, 2019

AGRADECIMIENTO

A mi familia por estar siempre a mi lado.

*A mi novia por ser la persona que más quiero en este mundo y por su
comprensión e infinito amor.*

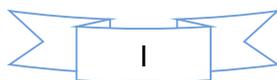
*A mi tutor Manuel Pedroso Martínez por el tiempo dedicado y su infinita
paciencia.*

*A todas mis amigas y amigos de mi aula por el cariño que me han
demostrado y por tantos recuerdos juntos durante los cinco años.*

*A todos los profesores del departamento de Construcciones que han
dedicado su tiempo y esfuerzo en enseñarme lo necesario para hacer de mi
un buen profesional.*

*A Cuba por ser mi segunda patria, donde una parte de mi juventud se
queda para siempre*

¡Gracias a Todos!



DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo, Nguyễn Huỳnh Duy Bảo, declaro que soy el único autor del presente Trabajo de Diploma y, en tal calidad, autorizo a la Universidad de Matanzas a emplearlo como material de consulta.

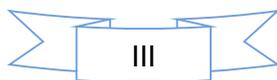
Y para que así conste, firmo el presente a los _____ días del mes de _____ de 2019.



NOTA DE ACEPTACIÓN

Miembros del Tribunal:

| | | |
|------------|------------|-------|
| _____ | _____ | _____ |
| Presidente | Secretario | Vocal |



RESUMEN

Las actividades de levantamiento topográfico se han revisado en las últimas décadas mediante la combinación de herramientas modernas en las que se refieren al Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y estación total. Se debe enfatizar que la característica más importante en esta revisión está en el campo de la recolección, almacenamiento, cálculo y transmisión de datos, así como en su representación gráfica; esto ha llevado a la posibilidad de obtener un producto final con mayor precisión y velocidad. El uso profesional de la técnica de creación de terreno está fundamentalmente relacionado con el desarrollo de proyectos de infraestructura tales como áreas urbanas, carreteras, puentes, obras hidráulicas, alcantarillado, riego, drenaje, etc. Por lo tanto, es necesario combinar con los cursos de la plataforma de enseñanza topográfica y la práctica necesaria para que los ingenieros obtengan este conocimiento y desarrollen habilidades y destrezas para permitirles manejar los dispositivos como el GPS y la estación total. En la actualidad, se consideran los instrumentos más utilizados en la práctica topográfica. Esta investigación se plantea un manual para las dos tecnologías y a partir de ahí, se presentan los datos obtenidos del levantamiento topográfico de un mismo perfil mediante los instrumentos GPS y estación total, posteriormente estos datos son procesados en el último capítulo, donde se analizan los tiempos de trabajo con cada equipo, las ventajas y desventajas al aplicar uno u otro. Para, finalmente, determinar cuál de los dos equipos es el más exacto en cuanto a la altimetría.

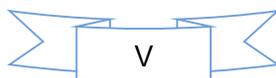
Palabras claves: Levantamiento topográfico, GPS, Estación Total, Posicionamiento.

ABSTRACT

Topographical survey activities have been revised in the last decades through the combination of modern tools in which they refer to the Global Positioning System (GPS) and total station. It should be emphasized that the most important feature in this review is in the field of data collection, storage, calculation and transmission, as well as in its graphic representation; This has led to the possibility of obtaining a final product with greater precision and speed. The professional use of the technique of creating terrain is fundamentally related to the development of infrastructure projects such as urban areas, roads, bridges, hydraulic works, sewerage, irrigation, drainage, etc. Therefore, it is necessary to combine with the courses of the topographic teaching platform and the necessary practice for engineers to obtain this knowledge and develop skills and abilities to enable them to manage devices such as GPS and Total Station. At present, they are considered the most used instruments in topographic practice.

This research proposes a manual for the two technologies and from there, the data obtained from the topographic survey of the same profile are presented by GPS instruments and total station. later, these data are processed in the last chapter, where the work times with each equipment are analyzed, the advantages and disadvantages when applying runo or other. To finally determine which of the two teams is the most accurate in terms of altimetry .

Key words: Surveying, GPS, Total Station, Positioning.



ÍNDICE

| | |
|--|--------|
| INTRODUCCIÓN | - 1 - |
| CAPÍTULO I: ESTADO DEL ARTE DE LOS DOS INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS ESTACIÓN TOTAL Y GPS | - 6 - |
| 1.1 Concepto de Topografía | - 6 - |
| 1.2 Levantamiento topográfico | - 6 - |
| 1.3 Principales errores y factores determinantes en los levantamientos topográficos | - 7 - |
| 1.3.1 Errores sistemáticos | - 8 - |
| 1.3.2 Errores accidentales | - 11 - |
| 1.4 Instrumentos topográficos | - 11 - |
| 1.4.1 Instrumentos simples (Cinta métrica, plomada, estatal, brújula, barómetro). | - 11 - |
| 1.4.2 Instrumentos de precisión (teodolito, nivel, estación total, GPS) | - 14 - |
| 1.5 Levantamiento topográfico con estación total | - 16 - |
| 1.5.1 Funcionamiento de la estación total | - 22 - |
| 1.5.2 Montaje de la estación total | - 24 - |
| 1.6 Levantamiento topográfico con GPS | - 24 - |
| 1.6.1 Posicionamiento del receptor GPS | - 25 - |
| 1.6.2 Medidas de distancias a satélites | - 27 - |
| 1.6.3 Métodos de posicionamiento GPS y Aplicaciones | - 28 - |
| 1.6.4 Incertidumbres o errores en observaciones GPS | - 31 - |
| CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS | - 36 - |
| 2.1 Levantamiento con Estación Total | - 36 - |
| 2.1.1 Instalación y preparación del instrumento | - 36 - |
| 2.1.2 Programas y aplicaciones de estación total | - 40 - |
| 2.2 Levantamiento con GPS | - 50 - |
| 2.2.1 Preparación para la primera utilización | - 50 - |
| 2.2.2 Midiendo con el sistema GPS | - 59 - |
| CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y ANÁLISIS COMPARATIVO | - 66 - |
| 3.1 Ejecución de levantamiento con estación total | - 66 - |

| | | |
|-------------------------------------|--|--------|
| 3.1.1 | Datos obtenidos | - 67 - |
| 3.1.2 | Procesamiento de datos | - 68 - |
| 3.2 | Ejecución de levantamiento con GPS..... | - 71 - |
| 3.2.1 | Datos obtenidos | - 71 - |
| 3.2.2 | Procesamiento de datos | - 72 - |
| 3.3 | Resultados y análisis comparativo..... | - 74 - |
| 3.3.1 | Comparación entre los levantamientos topográficos con estación total y GPS | - 74 - |
| 3.3.1.1 | Tiempos de trabajo..... | - 74 - |
| 3.3.1.2 | Mediciones | - 75 - |
| 3.3.2 | Ventajas y desventajas | - 76 - |
| 3.3.3 | Resultados | - 77 - |
| CONCLUSIONES GENERALES | | - 80 - |
| RECOMENDACIONES | | - 81 - |
| BIBLIOGRAFÍA | | - 82 - |
| ANEXOS | | i |

INTRODUCCIÓN

La Topografía es uno de los aspectos de mayor importancia en la ingeniería. En realidad, se desconoce el origen de la misma; se cree que fue en Egipto donde se hicieron los primeros trabajos topográficos de acuerdo a las referencias de las escenas representadas en los muros, tablillas y papiros de hombres realizando mediciones de terrenos. (Alcántara G, 2001).

La topografía es una disciplina que inicia en el campo con la recolección de datos para ubicar puntos en el espacio; al proceso de medición de cualquier porción de tierra se le denomina levantamiento topográfico; es importante mencionar que todo levantamiento se divide en planimetría (control horizontal) y altimetría (control vertical), los cuales se pueden realizar con diversos instrumentos de medición.

A lo largo del tiempo, el aprendizaje de la Topografía es de suma trascendencia para todos aquellos que desean realizar estudios de ingeniería en cualquiera de sus ramas, así como para los arquitectos, no solo para los conocimientos y habilidades que puedan adquirir, si no para la influencia de su estudio.

La Topografía al igual que las demás ciencias, está obligada y comprometida a actualizar sus métodos y herramientas de trabajo, con el objetivo de mejorar eficiencia y productividad, así como también su precisión.

El primer paso para la construcción del proyecto, como en todos los proyectos, es el levantamiento topográfico debido a la necesidad de demostrar bien la delimitación del inmueble, además de una representación real de la topografía del terreno, necesaria para las futuras obras que se van a realizar en el lugar. La determinación de la posición de los puntos del terreno permite obtener su forma, así como los detalles de los accidentes a ser mostrados, permitiendo su ubicación y descripción en el plano. (Tecnoceano A, 2019).

Los instrumentos más comunes son la cinta métrica, estadal, plomada, el teodolito, nivel diferencial, estación total y el sistema de posicionamiento global (GPS), por sus siglas en inglés. Es importante la eficacia con la que se realizan los levantamientos tanto de planimetría como de altimetría; esto depende del tipo de instrumento que se emplea, la

incerteza del dispositivo, el método que se utiliza para el levantamiento y el análisis posterior de los datos recolectados.

Esta investigación se realiza mediante los métodos más precisos para usar cada uno en su forma más conveniente, combinándolos y verificando puntos clave para obtener resultados contrastables para un levantamiento topográfico del terreno. Estos métodos son:

- Mediante el uso de la estación total, un instrumento electrónico que nos permite medir distancias y cotas para obtener las coordenadas rectangulares de los puntos del terreno mediante un microprocesador interno que realiza los cálculos necesarios de forma automática (Pachas, 2015).
- La técnica de levantamiento topográfico por GPS se basa en la utilización de sistemas de satélites receptores para determinar su posición conjuntamente con una estación de referencia que retransmite la posición para así obtener correcciones en las estaciones base. La estación base retransmite la posición corregida que midió mientras las unidades móviles comparan sus propias medidas con la recibida de la estación de referencia.

En Cuba, específicamente en la ciudad de Matanzas se utilizan la estación total en la mayoría de empresas constructiva. Sin embargo, no todos los ingenieros saben cómo usarlo, porque en la universidad la asignatura Topografía se enseñar con teodolito. Y también el uso de GPS en Topografía se encuentra muy limitado, debido a que faltan las herramientas y condiciones por las empresas constructivas, y la popularidad de esta tecnología en cuanto al grado de avance de trabajo y precisión al momento de ejecutar un levantamiento topográfico y replanteo, así como también en la actualización de catastro. Además, es una realidad que el GPS es un sistema de mucha complejidad en el momento de utilizar, ya que, consiste de varios métodos de medición, dependiendo en cada tipo de obra.

El interés académico es utilizar métodos GPS para obtener la topografía del terreno. La topografía se apoya en el uso de los GPS para obtener una mayor precisión en el terreno, también se puede plantear crear una malla de puntos para luego generar un modelo digital del terreno para tener su geometría.

Por lo anteriormente planteado se evidencia la necesidad de realizar la topografía del terreno mediante el uso de GPS y estaciones totales dando la oportunidad de hacer los trabajos de campo con una mayor precisión, sin embargo, su conocimiento y aplicación por las empresas de la construcción de la provincia de Matanzas es aún insuficiente por lo que se plantea como:

Problema Científico: ¿Cómo contribuir al conocimiento y aplicación de GPS y estaciones totales en las empresas de la construcción de la provincia de Matanzas?

Como **objeto de investigación** se identificó: el uso del GPS y las estaciones totales en las empresas de la construcción y el **campo de acción:** el conocimiento y aplicación de los GPS y las estaciones totales en las empresas de la construcción de la provincia de Matanzas

Para dar la respuesta al problema científico, se propone como **Objetivo General:** Elaborar un manual para la aplicación de GPS y Estaciones Totales en las empresas del sector de la construcción de la provincia de Matanzas.

Preguntas científicas:

1. ¿Cuáles son los referentes teóricos- metodológicos de la utilización de GPS y estaciones totales en la Topografía?
2. ¿Cuáles son los procesos de levantamiento topográfico con GPS y estaciones totales?
3. ¿Cuáles son los pasos a seguir en la elaboración de un manual para contribuir al conocimiento y aplicación de GPS y estaciones totales en las empresas de la construcción de la provincia de Matanzas?
4. ¿Cuáles serán los resultados de la aplicación en el campo de GPS y estaciones totales?

Para dar respuestas a las preguntas científicas planteadas anteriormente, el autor de la investigación, plantea las siguientes **tareas científicas:**

- ❖ Determinación de los fundamentos teóricos- metodológicos de la utilización de GPS y estaciones totales en la Topografía.

- ❖ Análisis del estado y situación actual del ajuste de levantamientos topográficos con GPS y estaciones totales.
- ❖ Elaboración de un manual para la aplicación de GPS y estaciones totales en las empresas de la construcción de la provincia de Matanzas.
- ❖ Análisis de los resultados obtenidos en la aplicación de GPS y estaciones totales en el campo.

Métodos de investigación:

- Métodos teóricos: Se emplea el inductivo-deductivo y el análisis y síntesis a lo largo de toda la investigación, el histórico-lógico específicamente en el primer capítulo, donde se describen los fundamentos de los GPS, estación total y la historia de su aplicación en topografía, todo a partir de la revisión bibliográfica y el análisis documental de información secundaria interna y externa como libros, monografías, documentos oficiales, informes técnicos, artículos, tesis, entre otras. El inductivo-deductivo, para el análisis de los referentes teóricos sobre el objeto de estudio y el campo de acción, así como el procesamiento de la información obtenida y arribar en todos sus procesos a conclusiones. La modelación, se utilizó especialmente para la creación del manual.
- Métodos empíricos: entrevistas, para constatar lo que se conoce sobre el sistema GPS y estación total. Se realiza una entrevista a los expertos que cuentan con un profundo conocimiento sobre Topografía en las obras de construcción en Matanzas. Además, se aplica una encuesta a los ingenieros de las empresas de construcción en Matanzas, cuyo trabajo tiene relación con la Topografía. Todos estos son esenciales en la identificación de los métodos para el manual de GPS.

El trabajo de Diploma de estructura de la siguiente forma:

La tesis se estructura en:

- Resumen /Abstract.
- Índice.
- Introducción.
- Capítulo I: Se establecen los fundamentos teóricos – metodológicos mediante los que se sustenta la temática abordada, así como los conceptos más importantes para la comprensión de la misma.

- Capítulo II: Los procedimientos de los dos métodos levantamiento topográfico estación total y GPS.
- Capítulo III: Resultados y análisis comparativo
- Conclusiones
- Recomendaciones
- Revisión bibliográfica
- Anexos

CAPÍTULO I: ESTADO DEL ARTE DE LOS DOS INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS

ESTACIÓN TOTAL Y GPS

En este presente capítulo se realiza un análisis de la bibliografía especializada vinculada al tema de investigación, con el objetivo de sentar las bases conceptuales de los instrumentos topográficos Estación Total y GPS.

1.1 Concepto de Topografía

La Topografía es una ciencia aplicada que a partir de principios, métodos y con la ayuda de instrumentos permite representar gráficamente las formas naturales y artificiales que se encuentran sobre una parte de la superficie terrestre, como también determinar la posición relativa o absoluta de puntos sobre la Tierra. (Jimenez C, 2007).

La Topografía se encarga de realizar mediciones en una porción de tierra relativamente pequeña. Las informaciones se obtienen de instrucciones especializadas en cartografía y/o a través de las mediciones realizadas sobre el terreno ("levantamiento"), complementando esta información con la aplicación de elementos procedimientos matemáticos (Mendoza J, 2017).

1.2 Levantamiento topográfico

Los levantamientos se clasifican en: levantamientos planimétricos, altimétricos y topográficos.

Se considerará levantamiento planimétrico al procedimiento de terreno que tiene por objeto la determinación de la posición de puntos en la superficie terrestre, que posteriormente serán representados en una proyección horizontal, estos levantamientos tienen sólo carácter horizontal (Zeiske K, 2000).

Se considerará levantamiento topográfico, al conjunto de operaciones y procedimientos utilizados para determinar la posición de puntos sobre la superficie y así completar el relieve o elevaciones del terreno, sobre un plano de comparación o de referencia (Zeiske K, 2000).

Altimetría es la parte de la Topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura; también llamada "cota", de cada

uno de los puntos, respecto de un plano de referencia. Con la Altimetría se consigue representar el relieve del terreno, (planos de curvas de nivel, perfiles, etc.). En la Altimetría se tienen en cuenta las diferencias de nivel existentes entre los diferentes puntos del terreno (Zeiske K, 2000).

Actualmente, el método más utilizado para la toma de datos se basa en el empleo de una estación total, con la cual se pueden medir ángulos horizontales, ángulos verticales y distancias, conociendo las coordenadas del lugar donde se ha colocado la Estación es posible determinar las coordenadas tridimensionales de todos los puntos que se midan.

Las coordenadas de los datos tomados, es posible dibujar y representar gráficamente los detalles del terreno considerados, con las coordenadas de dos puntos se hace posible además calcular las distancias o el desnivel entre los mismos puntos, aunque no se hubiese estacionado en ninguno. (Ministerio de Bienes Nacionales, 2010).

1.3 Principales errores y factores determinantes en los levantamientos topográficos

El principio fundamental de la Topografía es que ninguna medida es exacta y, por lo tanto, nunca se conoce el valor verdadero de una medición; siendo esto cierto es necesario ajustar las mediciones hechas para que con base en la teoría estas cumplan con los estándares exactos.

La necesidad de precisión en los levantamientos topográficos resulta obvia cuando se habla de construcción de edificios, puentes, presas o instalación de equipo especial; sin embargo, esta precisión también es necesaria en la medición de terrenos ya que el valor por la posesión de la tierra es alto, por lo tanto, es indispensable que el topógrafo realice mediciones exactas y precisas.

- **Exactitud:** es el grado de perfección de una medida. Representa que tanto se acercó el valor medido al valor real.
- **Precisión:** se refiere a la cercanía de una medición con relación a otra, es decir el grado de refinamiento de todas las mediciones hechas.

Luego del análisis realizado se puede decir que una medida puede ser precisa, pero no exacta y viceversa; las fuentes de error pueden ser clasificadas en: personales,

instrumentales y debido a la naturaleza. Así mismo, estas pueden llegar a formar parte de algunos de los siguientes tipos de errores.

1.3.1 Errores sistemáticos

Se conocen errores acumulativos que dependen de los factores del sistema de medición: observador, instrumento y medio ambiente. Si las condiciones del medio se mantienen constantes, entonces, los errores sistemáticos serán constantes. Un ejemplo muy sencillo consiste en una cinta métrica que posee un excedente de 0,01m, se realiza una serie de medidas con esta cinta se acumulara el error, pero este puede ser corregido ya que se mantuvo constante en todas las mediciones.

- Errores instrumentales:

Los errores instrumentales de una estación total, provienen de tres componentes conceptuales: el eje vertical, el eje horizontal y la línea de colimación, los cuales se pueden observar en la figura 1.1. En todo levantamiento con estación total se debe verificar (a) que la línea vertical sea perpendicular al eje de la directriz, (b) que el eje horizontal sea perpendicular el eje vertical y (c) que la línea de colimación sea perpendicular al eje horizontal; si se incumple con alguna de estas reglas se incurre en errores significativos en la medición de ángulos.

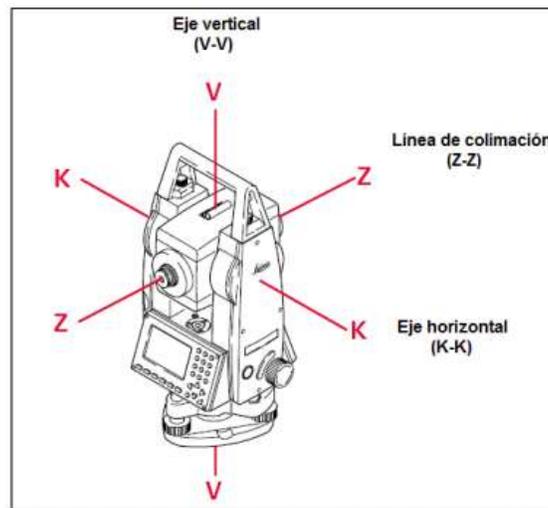


Figura 1.1 ejes de una estación total

Fuente: (Leica,2019)

Inclinación del eje vertical (figura 1.2 a): se produce porque los niveles de burbuja de la base nivelante están desajustados y las directrices de estos niveles no son

perpendiculares al eje vertical de la estación; por lo tanto, aunque el nivel de burbuja esté centrado, el instrumento no lo estará, y existirá un desfase angular, lo cual crea errores en las mediciones angulares; un dato importante es que este error no se puede eliminar con el promedio de vista directa e inversa.

Error del eje de inclinación (figura 1.2 b): se produce cuando el eje horizontal no es perpendicular al eje vertical, lo que causa cierta inclinación en la línea de colimación cuando se invierte el anteojo; esto repercute en las vistas adelante y a las vistas de atrás se hace nivelación ya que el ángulo horizontal es incorrecto. Es posible compensar este error si se hace el mismo número de lecturas atrás y adelante y se promedian los valores. Cuando la estación total tiene un compensador dual, basta con observar cuidadosamente al objetivo tanto en posición directa e inversa y el microprocesador crea un factor de calibración con el cual corrige todos los datos subsiguientes.

Error de colimación o del eje de puntería (figura 1.2 c): se presenta la línea de colimación no es perpendicular el eje horizontal; esto genera un cono con su eje horizontal, en mediciones y el error repercute donde se necesite prolongar una línea paralelo al eje horizontal o en medición de ángulos por deflexiones. Al igual que el error anterior se puede corregir por promedio de vistas directa e inversa.

Error de índice en el círculo vertical: si una estación se nivela correctamente, la línea de colimación es totalmente horizontal y cuando se realiza una observación al cenit el valor angular debe ser de cero grados (0°), si esto no se cumple es porque se tiene un error de índice vertical. Existen instrumentos con compensadores que tienen la capacidad de registrar un factor de calibración , se observa un mismo objetivo con telescopio directo e inverso, dicho factor se aplica automáticamente a todo los demás valores; mientras que si el instrumento no posee cierta función se deben realizar el mismo número de observaciones en posición directa e inversa del telescopio y luego determinar el valor real mediante promedio aritmético; los errores explicados anterior mente se pueden observar en la figura 1.2 inciso d.

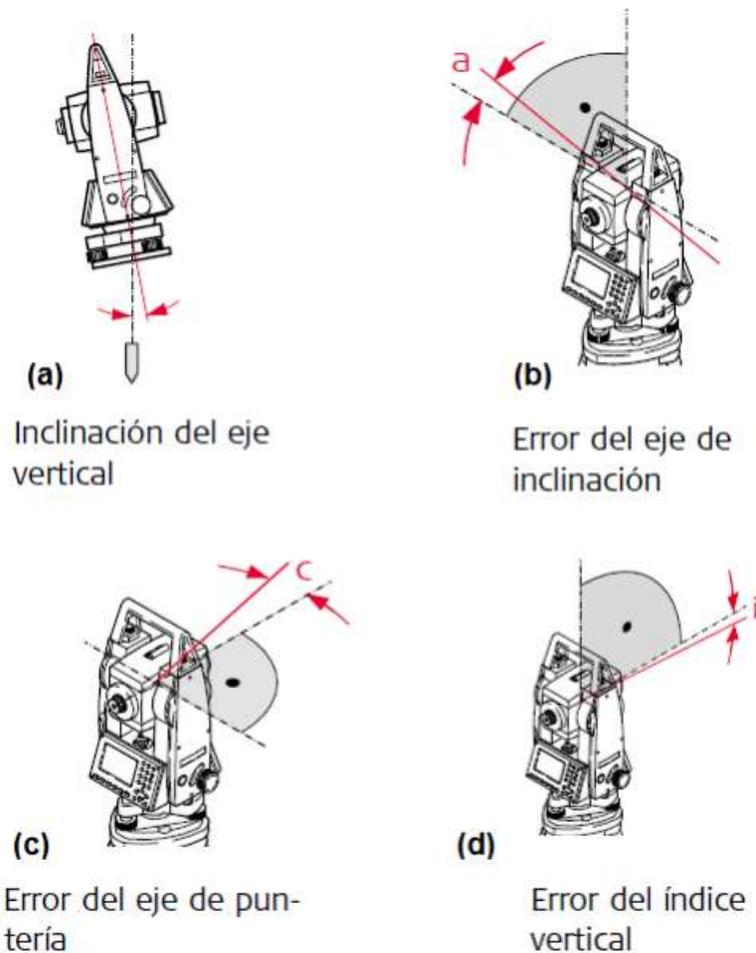


Figura 1.2 errores instrumentales en las mediciones con estación total

Fuente: (Leica, 2019)

- **Errores naturales**

Los errores naturales que están en las mediciones con estación total son similares a las desarrolladas en la parte arriba, está incluyen asentamientos del instrumento en suelos blandos, los efectos de estabilidad volumétrica en componentes del instrumento por cambios de temperatura, vibración del aparato por fuertes vientos, efectos de refracción atmosférica y curvatura terrestre.

- **Errores personales**

Los errores personales existentes en mediciones de esta naturaleza, puede ser que los niveles de burbujas no estén bien centrados, lo que repercute en las mediciones angulares tanto horizontales como verticales; paralaje, que es el enfoque deficiente del objetivo con relación a la retícula del telescopio; otro error que el instrumento no esté

centrado exactamente sobre el punto lo que repercute en todas las mediciones de distancias y ángulos. Así mismo, se podría presentar un uso incorrecto de los tornillos de fijación y tangenciales, se aconseja grabar muy bien la posición de los mismos y el sentido del giro para ajustar y desajustar los tornillos; por último, se debe tener especial cuidado con la colocación de los prismas, estos deben estar a plomo y bien alineados.

1.3.2 Errores accidentales

Se les denominan errores aleatorios, son los que quedan después de haber eliminado los errores sistemáticos. La magnitud y dirección de estos tipos de error quedan fuera del control del topógrafo y obedecen a las leyes de probabilidad. Un ejemplo se presenta cuando una persona toma la lectura de una cinta, no puede hacerlo perfectamente; en la primera ocasión podrá leer un valor grande, después un valor pequeño y viceversa.

Todos los levantamientos topográficos están normados para reducir los errores en la medición; esto se puede lograr emplear observadores experimentados o bien se puede realizar varias veces una misma medida para que al momento que haya incongruencias se puede verificar con los otros datos registrados.

1.4 Instrumentos topográficos

El equipo utilizado para levantamientos topográficos ha sufrido grandes cambios en las últimas décadas; en el año de 1960 con la medición electrónica de distancias, posteriormente combinaron la medición de ángulos con la medición electrónica de distancias surgiendo así las estaciones totales.

1.4.1 Instrumentos simples (Cinta métrica, plomada, estatal, brújula, barómetro).

- **Cinta métrica**

Actualmente, se utiliza para medir distancias horizontales pequeñas, aplicada a levantamientos comunes de terrenos y construcción de edificios. Existen de dos tipos: la cinta de acero o metálica y la cinta de tela; generalmente vienen en presentaciones de 30, 50, 100 y 150 metros.

Para realizar una medición horizontal con cinta se requiere de seis pasos: (1) alineación, (2) aplicación de tensión, (3) aplome, (4) marcaje de tramos, (5) lectura de la cinta y (6) registro de la distancia. Además, se deben utilizar instrumentos auxiliares para realizar una medición adecuada: plomadas, para verificar la verticalidad del punto medido; nivel de mano, sirve para corroborar que la cinta se encuentre perfectamente horizontal; termómetro de bolsillo, para realizar las respectivas correcciones por temperatura y las estacas que sirven para marcar los extremos de la cinta en los puntos intermedios mientras se realiza la medición.



- **Plomada**

Es un peso aunado a un cordel para establecer una línea vertical. Se utiliza en la medición de distancias y ángulos, están hechas de acero o latón, prefiriéndose estas últimas ya que no interfiere en la lectura de la brújula, asimismo pesan de 6 a 18 onzas, con forma globular o de pera con punta reemplazable por si se desgasta.



- **Estatal**

Es una regla graduada que toma un valor de cero desde la parte inferior, se utiliza para medir alturas verticales, toma estas lecturas a partir del telescopio del instrumento, que puede ser un teodolito o un nivel. Están hechos de madera, metal o fibra de vidrio; además vienen en diferentes presentaciones tales como: de varias piezas, secciones deslizantes o de bisagra.



- **Brújula**

Es un instrumento que brinda la posición del norte magnético de la tierra y, por consiguiente, cualquier dirección con relación a este. Consta de tres partes esenciales: aguja imantada movable, la cual brinda la dirección; limbo o esfera graduada, que es el círculo donde gira la aguja, utiliza el sistema sexagesimal el cual divide el limbo en 360 grados; y por último está la caja o chasis, el espacio donde se encuentran protegidas las partes anteriormente descritas. Existen brújulas de bolsillo y las de agrimensor, esta última va montada sobre un trípode y puede ser utilizada para levantamientos de muy poca precisión, como los reconocimientos preliminares. Es importante recordar que las brújulas tienen las direcciones este y oeste intercambiados por el movimiento aparente de la aguja, así como un contrapeso el cual apunta hacia el sur si estamos al norte del ecuador y viceversa.



- **Barómetro**

El barómetro, es un instrumento que mide la presión del aire atmosférico, puede usarse para determinar alturas relativas de puntos situados sobre la superficie de la Tierra. La Nivelación Barométrica se emplea principalmente en los reconocimientos y en los trabajos de exploración las diferencias de elevación son grandes, como en las zonas de montañosas. (Academia, 2019).



1.4.2 Instrumentos de precisión (teodolito, nivel, estación total, GPS)

- **Teodolito**

Es un aparato utilizado en levantamientos topográficos para realizar medición directa de ángulos horizontales, verticales y medición indirecta de distancias verticales y horizontales por medio de la taquimetría. Consta de dos círculos graduados de vidrio, uno horizontal y el otro vertical, para poder medir los giros del telescopio y los ángulos respectivos; los teodolitos electrónicos brindan la información de los ángulos directamente en una pantalla.



El instrumento está compuesto de una alidada montada sobre una base, la base tiene tres tornillos de nivelación y un nivel de burbuja y cuenta con un nivel colocado a un costado de la alidada; todo el sistema va montado sobre un trípode. Los pasos para instalar un teodolito son los siguientes:

- a) Se coloca el tripié sobre el punto en cuestión y se deja el plato nivelado de forma aproximada.
- b) Se saca el teodolito y se coloca en el tripié, luego se fijan el tornillo para centrar, y evitar así que se caiga el teodolito.
- c) Se coloca el tripié lo más cerca posible del punto deseado y luego se perfecciona el centrado con la plomada óptica.
- d) Ahora se debe nivelar el teodolito con el nivel de burbuja y se procede a un centrado más preciso con el nivel de plato, para esto se coloca la alidada de forma que el tubo de nivel quede paralelo a dos tornillos de nivelación, se ajustan, y luego se gira 90° y se nivela con el tercer tornillo.
- e) Por último, se verifica que la plomada óptica coincida con el punto en cuestión, sino es así entonces se afloja el tornillo para centrar, se mueve el teodolito hasta que coincida el punto con la plomada óptica y listo.

- **Nivel**

Es un instrumento utilizado en Topografía para conocer cotas de la superficie terrestre. Consta de un telescopio, para fijar la línea visual y aumentar el tamaño del objeto observado; un nivel de burbuja, que al centrarla se puede cerciorar que la línea de la visual sea totalmente horizontal. Existen diversos tipos de nivel:



- Nivel análogo: es el de tipo convencional, consta de un telescopio, nivel de burbuja y tornillos de nivelación; todo el sistema va montado sobre un trípode; las lecturas del estadal se toman desde el telescopio que cuenta con la lente del objetivo (colocada en el extremo frontal) y el ocular (se encuentra en el extremo del observador). Es importante mencionar que las lecturas se toman haciendo coincidir la intersección de los hilos del telescopio (línea de colimación) con el punto observado.

- Nivel laser: es un instrumento sofisticado que proyecta líneas o planos láser de forma vertical y horizontal. Los niveles láser de planos se proyectan mediante un eje rotatorio y son utilizados para nivelación de terrenos agrícolas, trazo de pendientes de carreteras y estacionamientos. Los niveles laser de línea emiten una luz fija horizontal o vertical y son utilizadas para control de nivelaciones, pendientes, construcción de túneles y tuberías.

- **Estación Total**

Es un aparato utilizado en levantamientos topográficos poligonales, realización de planos topográficos y trazos de obra de construcción. Es una combinación de un teodolito, un medidor electrónico de distancias EDM, por sus siglas en inglés, y un equipo con la capacidad de realizar cálculos para determinar distancias horizontales, verticales e inclinadas. Un estudio más profundo se realiza en capítulos posteriores (Zeiske K, 2000).



- **GPS**

El sistema de posicionamiento global GPS, por sus siglas en inglés, consta de una red de 27 satélites orbitales y cinco estaciones terrestres de monitoreo; se utiliza para conocer la posición sobre cualquier punto sobre la superficie terrestre. El proceso utilizado para determinar cualquier ubicación se basa en la comunicación de un receptor colocado en



tierra con 4 satélites orbitales; los satélites envían señales de radio a los receptores; conociendo la velocidad de la señal, se puede determinar el tiempo requerido de viaje; multiplicando esto por la velocidad de la luz se puede determinar la ubicación del punto de interés. Los satélites están ubicados a una altura de 12 600 millas, pesan alrededor de 1 900 lb, tienen una envergadura aproximada de 17 ft, y la velocidad de la señal es de 186 000 millas por segundo. Un análisis más detallado se realiza en capítulos posteriores (Guajira D, 2007).

1.5 Levantamiento topográfico con estación total

La estación total es uno de los varios instrumentos con los que se puede ejecutar un levantamiento topográfico.

En esta investigación se usará en método topográfico basado en el uso de la estación total, al cual se denominará a partir de aquí como método de la estación total.

La Topografía se realiza en la actualidad ha sido constante a lo largo del tiempo en su propósito y contexto, sin embargo, se ha modificado constantemente la forma de realización del mismo, que ha ido evolucionado a la par con los desarrollos tecnológicos de cada época, adquiriendo nuevas y mejoradas técnicas que permiten optimizar la eficiencia, calidad y precisión de los trabajos tanto de campo como de oficina. Hoy uno de los equipos topográficos más usados en el país y el mundo es la Estación Total, cuya eficiencia, calidad y Precisión son adecuadas para la mayoría de los trabajos topográficos tanto urbanos como rurales (Hernández L, 2011).

La estación total es un instrumento que apareció como reemplazo del teodolito, y al mismo tiempo integra otros instrumentos bastante útiles para la medición de distancias, así como un procesador de datos con capacidad de almacenamiento de los mismos. En Topografía se miden dos variables básicamente: ángulos y distancias; por esto una estación total consiste en un teodolito con un distanciómetro integrado, un computador y un software interno (Zeiske K, 2000).

En la actualidad las estaciones totales poseen un distancio metro óptico electrónico y un medidor de ángulos electrónico, así es posible leer los códigos de las escalas de los círculos horizontal y vertical, mostrándose digitalmente los ángulos y distancias. Los valores de distancias horizontales, verticales (diferencias de Alturas) y las coordenadas son calculados automáticamente. Las estaciones totales modernas cuentan con programas integrados que facilitan las tareas topográficas de forma sencilla, rápida y óptima, se evita la necesidad de la realización de cálculos complejos para posteriormente digitalizar el levantamiento en un software CAD (L, 2009).



Figura 1.3 Estación SOKKIA FX SERIES

Fuente: (SOKKIA SERIES FX, 2019)

Este equipo obtiene una precisión laser en las mediciones de distancias, y los ángulos son calculados digitalmente, lo que muestra una gran evolución con respecto al teodolito, su predecesor, que con ayuda del nivel se basada en una Precision óptica para la medición de ambos, ángulos y distancias.

La estación total usada en este estudio posee Magnet Field, una herramienta que permite obtener resultados depurados precisos y confiables creados para usar un promedio de mediciones, correcciones de distancias basadas en a la constante del prisma, entre otros factores influyentes.

Los valores de los datos recogidos por la estación se pueden transferir hacia cualquier dispositivo electrónico, tanto si han sido almacenados en la memoria del instrumento en si como si fueron guardados en una memoria externa compatible con la estación (Bustos, 2010).

La captura de datos en campo se inicia con la implantación de la estación total, cuyo proceso se especifica más adelante. Sin embargo, la esencia del proceso radica en la ubicación del instrumento en un punto con coordenadas conocidas y su orientación con un segundo punto conocida. El proceso se repite cada vez que se mueve la estación (Y, M, & A, 2011).

El procesamiento electrónico que realizan las estaciones totales actuales, como es el caso de la usada en el presente estudio; facilita enormemente la toma de datos en campo, así como los trabajos de oficina, para incrementar la rapidez tanto en las mediciones como en la elaboración del plano, ya que las distancias y ángulos, y las coordenadas en sí, son calculadas por el instrumento y almacenadas para luego ser descargadas directamente en un computador, donde se procesan.

Sin embargo, también existen desventajas. La facilidad de uso del instrumento puede incurrir en una mala utilización del mismo, ya que un operador sin experiencia ni conocimientos apropiados puede asumir que está capacitado para el uso de la estación total, lo cual podría conllevar a un levantamiento impreciso y alejado de la realidad. Además, se pueden producir perdidas de información debido a errores en el almacenamiento del aparato (Meléndez E, 2008).

La estación total integra cuatro equipos en uno solo con el fin de hacer más eficientes los procesos topográficos; distanciómetro laser, teodolito, nivel de precisión y computadora.

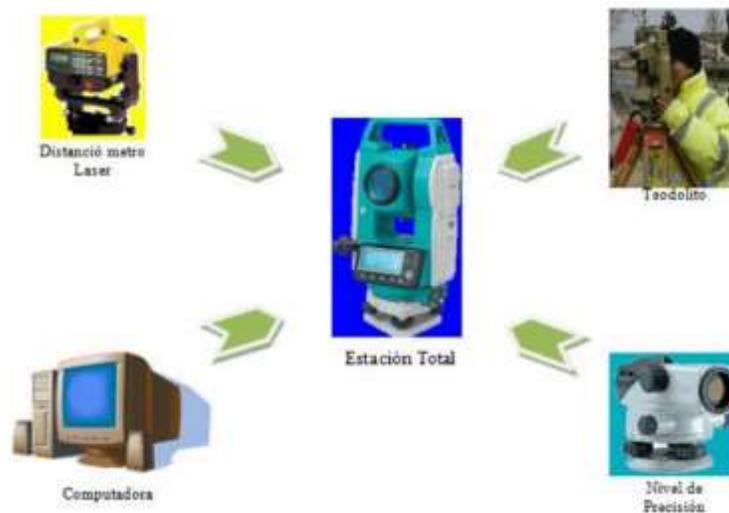


Figura 1.4 Estación total

Fuente (Valencia, 2011)

En la rama de ingeniería civil, la estación total es utilizada básicamente en dos funciones:

- Levantamiento, que corresponde a la medición y representación gráfica de la forma física que caracteriza al terreno
- Replanteo, en el que se traza sobre el terreno ya levantado un diseño previamente realizado de alguna obra civil

A pesar de la precisión y la eficiencia de este equipo, muchas veces su rendimiento, eficiencia y aplicabilidad se ven reducidos debido a limitaciones de visibilidad entre otras razones, por lo que es necesaria la combinación de este método con otros disponibles en el mercado, dos de los cuales usamos en este proyecto, con el fin de lograr una precisión óptima. (González J, 2005).

La estación total se compone de varias partes indispensables y algunos accesorios (Aura T, 2015) que se describen a continuación basados en la estación Sokkia de la que se dispone, así como de apuntes de la cátedra de Topografía.

Estación Total: es el aparato en sí, y se conforma de un lente con objetivo laser, una pantalla y un procesador para el cálculo y almacenamiento de los datos. Sus partes las constituyen:

- Mira de aproximación: se usa para apuntar hacia objetivo en un principio
- Anteojo: se trata de un telescopio usado para visualizar a distancia. Se compone de un ocular y un objetivo; además de un Sistema de lentes e hilos del retículo que son de puntería, no estadimétricos
- Nivel esférico: con este se ejecuta una primera nivelación del aparato
- Nivel tórico o tubular: nivel de gran precisión de forma tórica, ubicado sobre la alidada
- Batería recargable: la batería recargable posee una duración en servicio de entre seis y ocho horas, dependiendo de la intensidad de uso del aparato y ciertas condiciones del trabajo en campo como distancias, cantidad de mediciones o turbidez del aire. En condiciones óptimas, una carga puede durar hasta aproximadamente 500 mediciones
- Tornillos de coincidencia y presión de movimiento cenital: el de presión sirve para inmovilizar o liberar el giro del anteojo sobre el limbo cenital, mientras que el de pequeños movimientos ajusta finamente la puntería
- Tornillos de coincidencia y presión de movimiento acimutal: funcionan básicamente de la misma manera que los de movimiento cenital, sin embargo, estos se ajustan con respecto al limbo horizontal



Figura 1.5 Distintos tornillos de la estación total

Fuente (Meléndez E, 2008)

- Pantalla digital: permite visualizar todos los datos recolectados, así como operar el instrumento en el proceso de toma de estos, si bien al usar adicionalmente el teclado o únicamente con la pantalla táctil
- Teclado: permite el ingreso de datos
- Conector de comunicación de datos: con él se puede bajar la información recogida en la toma de datos para guárdala en una computadora donde se procesará posteriormente. Generalmente es una entrada USB
- Tornillos de nivelación de base: son tres tornillos (en algunos casos cuatro) que se usan para nivelar el instrumento para obtener la horizontalidad y verticalidad necesarias
- Base: base del aparato que se ubica sobre el trípode correspondiente
- Base niveladora: es un accesorio generalmente unido al instrumento, necesario para acoplar el trípode y la estación total y nivelar esta última. Está compuesta por tres tornillos de nivelación y un nivel circular

Trípode: es la estructura sobre la cual se fija y nivela la estación total.

Prisma y bastón porta prisma: es un accesorio que se ubica en el punto desconocido y puede captar el láser enviado por la estación total, haciéndolo rebotar de regreso al instrumento, con lo que se obtiene la medida de la distancia.

Por otro lado, el bastón porta prisma sostiene el prisma y puede ser ajustado en altura y nivelado para ubicado de manera precisa en el punto desconocido.

Los accesorios más comunes son:

Brújula: generalmente está incluida en el paquete y es necesaria para orientar el equipo con respecto al norte magnético.

Cargador: posee una capacidad de carga de dos baterías simultáneamente por medio de corriente alterna. Una batería estándar proporcionara aproximadamente seis horas de servicio constante en campo.

Herramientas: se trata de un conjunto conformado por pinzas, escobilla, desarmador y franela, que son necesarios para el mantenimiento del equipo.

Maleta portátil: es una caja plástica y rígida con protección interna de espuma, necesaria para el transporte del equipo y para evitar golpes y exposición a la intemperie.

Cable de descarga: es un cable de salida USB útil para la descarga de datos desde el aparato a una computadora. Adicionalmente se puede realizar la descarga de datos vía Bluetooth.

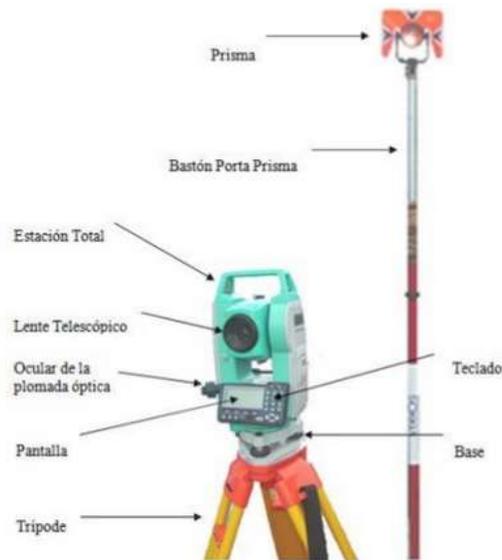


Figura 1.6 estación total, prisma y bastón

Fuente: (Hernández L, 2011)

1.5.1 Funcionamiento de la estación total

El funcionamiento de este instrumento se base en un principio geométrico bastante simple, la triangulación. Se determina la posición de un punto a partir de otros dos conocidos. (Meléndez E, 2008).

Coordenadas de la estación (Stn Coordinate): corresponde a la coordenada geográfica del punto exacto donde es colocada la estación total en campo. Con este punto seleccionado y ya teniendo las coordenadas, se ubicaran los demás puntos (Hernández L, 2011). En este punto se efectúa el centrado y nivelación del aparato.

Vista atrás (back sight): es la coordenada de un punto de referencia ubicado en una posición visible desde la coordenada de la estación. Corresponde a la orientación del levantamiento.

Observación (observation): es cualquiera de los puntos a los que se les calcularan las coordenadas geográficas a partir de las coordenadas conocidas de la estación total y la vista atrás.

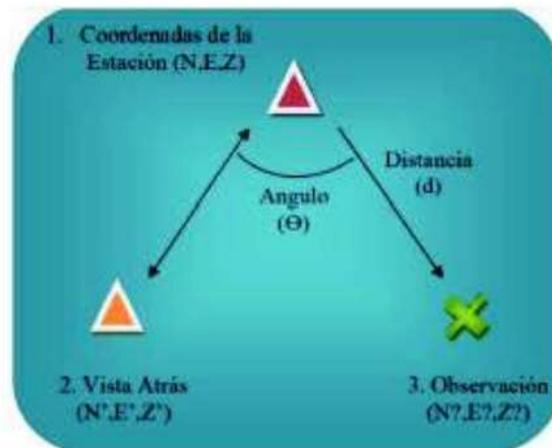


Figura 1.7 esquema de funcionamiento de la estación total

Fuente (Hernández L, 2011)

Se coloca la estación total en el punto 1, con coordenadas ya conocidas, orientado hacia el punto 2, cuyas coordenadas poseemos también.

El punto 3 es el que determinan las (coordenadas). Se escoge esta posición y la estación total gira hacia él, obteniendo como datos un ángulo Θ y la distancia, que es medida por láser desde la estación total hasta el prisma que colocamos en el punto 3.

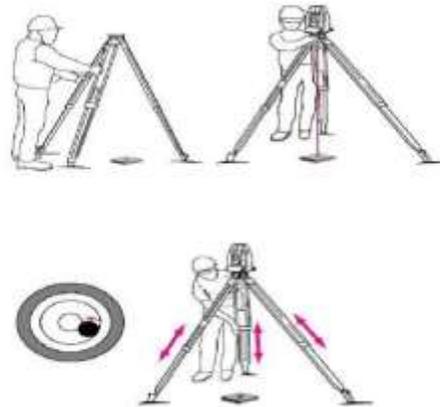
Además del procedimiento en campo brevemente explicado anteriormente, es necesario realizar una metodología de procedimiento y trabajos de oficina previos, así como procesamiento de datos y trabajo de gabinete posterior.

1.5.2 Montaje de la estación total

El montaje del instrumento es generalmente la tarea más ardua del levantamiento, dependiendo de la irregularidad del terreno principalmente. Durante el trabajo en campo generalmente es necesario mover e instalar el equipo en varias ocasiones, lo cual debe hacerse con mucha precisión para evitar desfases y errores en los puntos. El tiempo de instalación de una estación total debe ser de unos tres minutos aproximadamente.

El montaje consiste básicamente en tres actividades, estas son la selección y marcado del punto de control topográfico, el montaje y centrado del instrumento y por último la nivelación del aparato.

Montaje de la estación total sobre un punto en el terreno



1.6 Levantamiento topográfico con GPS

GPS (Global Position System) es un sistema de posicionamiento que nos proporciona la ubicación tridimensional, mediante señales de radio transmitidas por una constelación de satélites que orbitan la tierra. En cualquier punto de la tierra, en todo momento del año se pueden observar 5 a 8 satélites. Entre las constelaciones existen las siguientes: NAVSTAR (americano), GLONASS (ruso) y GALILEO (europeo) en proceso (Mantilla F, 2012).

El sistema de GPS fue creado por el departamento de Defensa Americano (DoD) con el objetivo de perfeccionar el sistema de navegación militar, lanzando una constelación de satélites (NAVSTAR), un conjunto de veinticuatro satélites que orbiten la Tierra en 6 planos diferentes a 20200 Km de altura, donde la ubicación exacta de cada satélite es conocida en cualquier punto del planeta mediante señales de navegación (L, 2009).

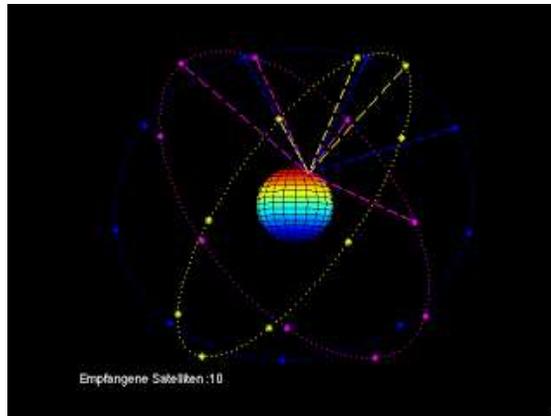


Figura 1.8 constelación NAVSTAR

Fuente <https://emiliocobos.net/preparados-los-primeros-satelites-para/>

1.6.1 Posicionamiento del receptor GPS

El receptor GPS es el instrumento que recibe y descodifica la señal transmitida por la constelación de satélites para encontrar su posición, midiendo en intervalo de tiempo que transcurre entre la transmisión del satélite y momento de llegada a la antena receptora del GPS, entre al menos 4 satélites, y así lograr calcular los parámetros en un plano tridimensional. Si los relojes de los receptores fueran lo suficientemente precisos y estuvieran sincronizados con el reloj del satélite, el número mínimo de satélites necesarios para la ubicación de un punto serán tres satélites, uno por cada coordenada en el espacio, pero en la práctica son necesarios cuatro satélites, un satélite adicional para poder resolver la incógnita del tiempo (Guajira D, 2007).



Figura 1.9 GPS SOKKIA GSR2700IS

Fuente: <https://bit.ly/2slpWVO>

Al recibir un registro de la señal de un satélite, se puede imaginar que se genera una esfera de radio igual a la pseudodistancia entre el satélite y receptor, cuyo centro se encuentra en el satélite y el receptor se encontrara ubicado en la superficie de la esfera. Al recibir el registro del segundo satélite, se forma otra esfera que se intercepta con el primero alrededor de una línea circular. Al registrar el tercer satélite, se forma una tercera esfera que se intercepta con la línea circular, como resultado dos puntos posibles de la ubicación del receptor, de las cuales una de ellas puede ser descartada, ya que no se encontraría en la superficie terrestre (Torres A & Villate E, 2001).

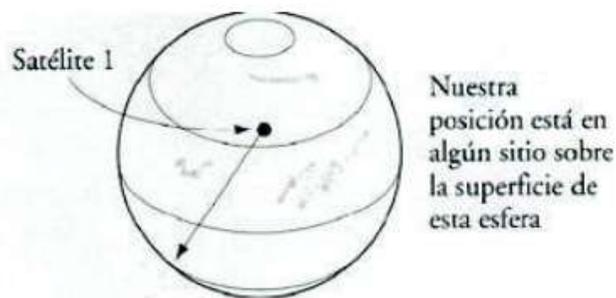


Figura 1.10 posicionamiento del receptor GPS con un satélite

Fuente: (McCormac, 2008)

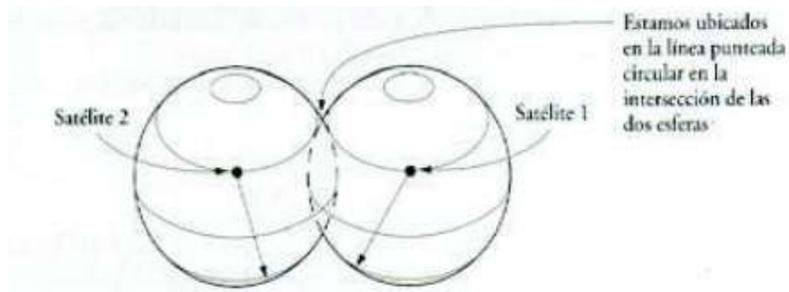


Figura 1.11 posicionamiento del receptor GPS con dos satélites

Fuente (McCormac, 2008)

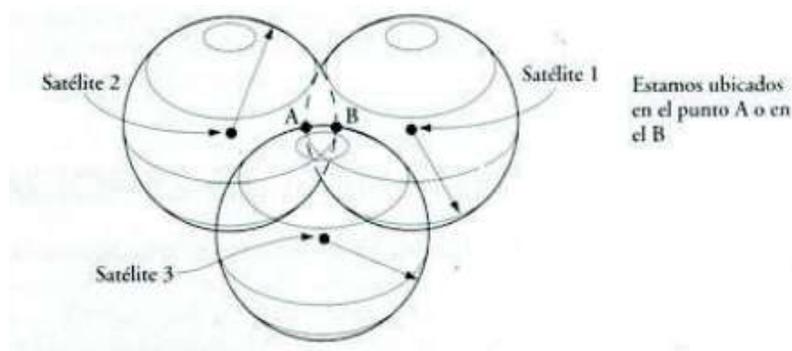


Figura 1.12 posicionamiento del receptor GPS con tres satélites

Fuente (McCormac, 2008)

La posición del receptor pudiera ser localizada de esta manera si los cronómetros del receptor y los satélites estuvieran sincronizados y las mediciones de las pseudodistancias entre el receptor y los satélites fueran exactas, pero debido a que es necesario corregir la pseudodistancia, se utiliza un cuarto satélite o más para poder corregir el error del tiempo. Además, la precisión dependerá de otras variables como del tipo de observaciones que se tenga y de la metodología empleada en el posicionamiento y corrección de errores (Torres A & Villate E, 2001).

1.6.2 Medidas de distancias a satélites

El objetivo es la determinación de la distancia que existe entre la antena GPS y el satélite, para lo cual existen dos métodos fundamentales. (L, 2009).

Medidas de código: los satélites emiten un impulso (código) de su ubicación el cual es recibido por el receptor calculando la distancia que hay entre estos. Se obtiene la distancia multiplicando la diferencia de tiempo por la velocidad de propagación de la luz. Esta medida no es la real ya que no se conoce el estado del reloj en el receptor, por lo cual se la denomina “pseudodistancia” (Natalia, 2019).

Medidas de fases: se compara modula la frecuencia captada por el satélite con la frecuencia de referencia generada con el receptor se puede encontrar con precisión donde se encuentra el inicio del código pseud-aleatorio, la desventaja de usar este tipo de medidas es no perder la señal de los satélites en ningún momento durante la observación, sin embargo, mediante un proceso de cálculo se puede recuperar la ambigüedad inicial (Natalia, 2019).

1.6.3 Métodos de posicionamiento GPS y Aplicaciones

Los métodos de posicionamiento se basan en medir la distancia que existe entre un receptor fijo o base y un receptor móvil o Rover. El receptor móvil o Rover es el que se desplaza para recolectar datos, los cuales son transmitidos al receptor fijo que corrige las coordenadas y los almacena (González Alcaraz P).

MÉTODO ESTÁTICO RELATIVO ESTANDAR: Consiste en medir las distancias mediante dos o más receptores durante períodos mínimos de media hora, en función de la precisión a la que se quiera llegar, distancia a observar, la constelación de satélites local y la redundancia que exista en el medio. Los datos pueden variar con una precisión de 5 mm a 1 ppm (Guajira D, 2007).

Las aplicaciones de este método son mediciones de gran precisión como:

- Redes geodésicas
- Redes nacionales y continental
- Seguimientos de movimientos tectónicos

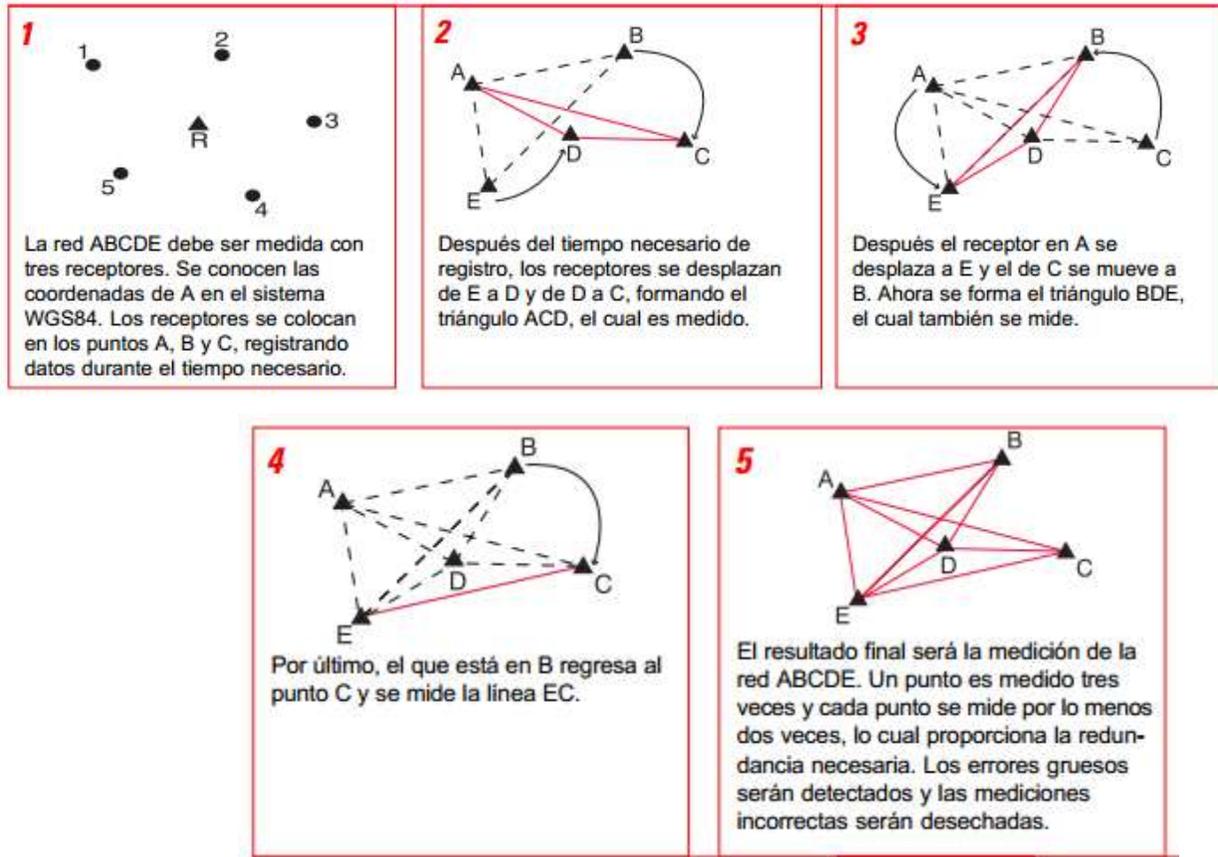


Figura 1.13 Los pasos del método estático

Fuente: (Leica ,2019)

Método estático relativa rápido: se distingue del método anterior por su tiempo de exposición, de 5 a 10 minutos por estación, debido a la utilización de un algoritmo de resolución de redundancias por el cual el tiempo de conservación se reduce. La precisión de este método varía de 10 mm a 5 mm, si en un método con menor precisión y con limitaciones en mediciones de distancias menores a 20 kilómetros (Guajira D, 2007).

Las aplicaciones de este método son:

- Redes topográficas locales
- Redes de control
- Apoyo fotogramétrico

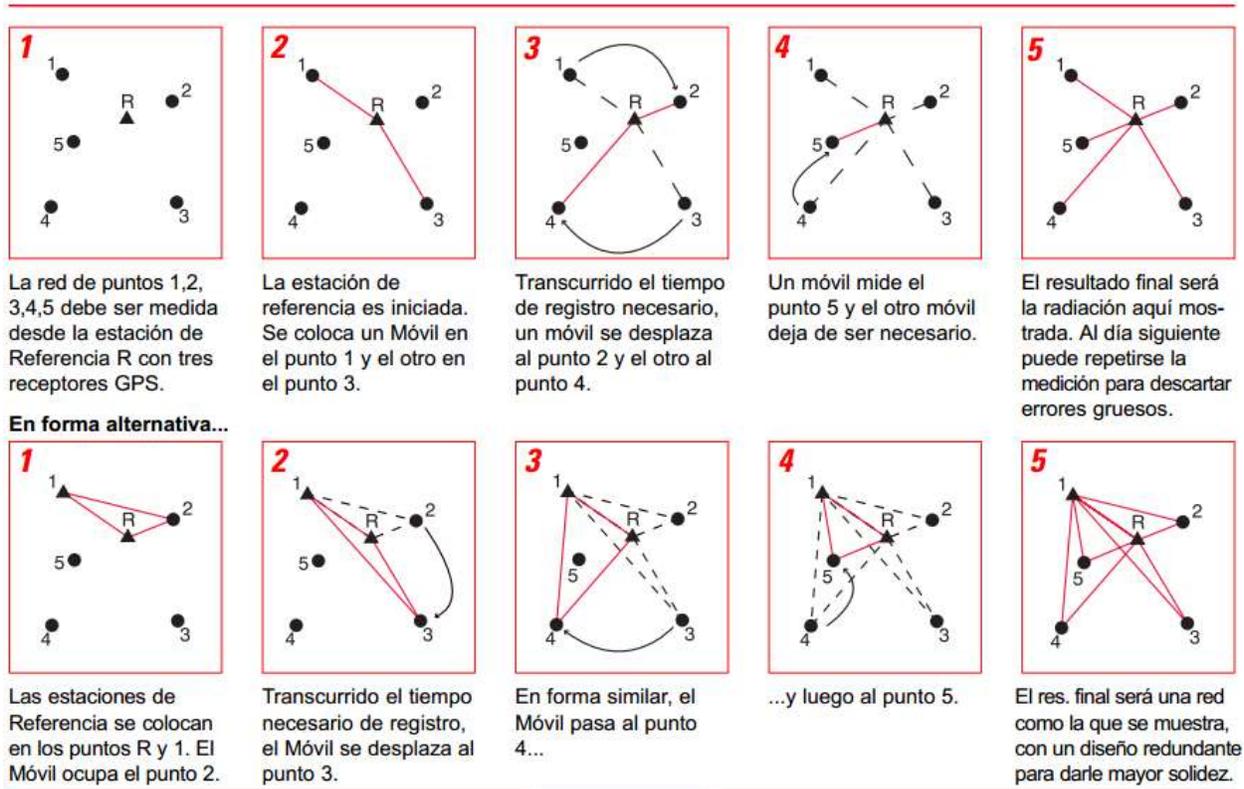


Figura 1.14 Los pasos del método estático rápido

Fuente: (Leica)

Cinemático: la técnica cinemática se utiliza generalmente para levantamiento de detalle, registro de trayectorias, etc..., Es una técnica manera muy eficiente para medir muchos puntos que están muy cerca uno de otro. Sin embargo, si existen obstrucciones hacia el cielo, tales como puentes, arboles, edificios altos, etc., y se rastrean menos de 4 satélites, el equipo deberá volverse a iniciar, lo cual toma entre 5 y 10 minutos.

Cinemático OTF (En Te Fray): es una variable de la técnica cinemática, en la cual no es necesaria la iniciación y la iniciación subsecuente cuando el número de satélites observados desciende a menos de cuatro.

El método Cinemático OTF es un método de procesamiento que se aplica a la medición durante el post-proceso. Al inicio de la medición el operador puede comenzar a caminar con el receptor móvil y registrar datos. Si camina bajo un árbol y pierde la señal de los satélites, el sistema se volverá a iniciar automáticamente al momento de tener suficiente cobertura de satélites (Leica).

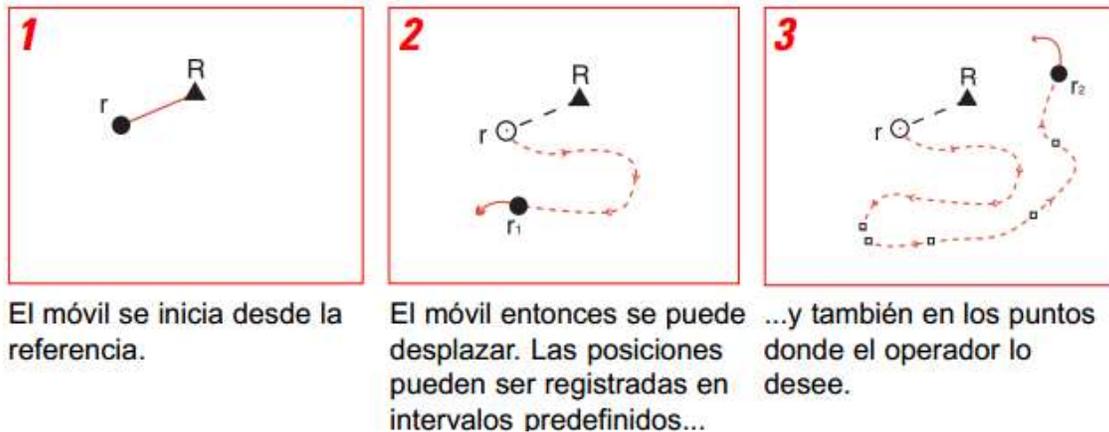


Figura 1.15 Los pasos del método Cinemático

Fuente (Leica)

Real Time Kinematic (RTK)- GPS en Tiempo Real: consiste en hacer mediciones mientras se avanza con el receptor móvil (ROVER) de forma instantánea, los datos recolectados por el receptor móvil se transmiten al receptor fijo para corregirlos, si se pierde la señal en el punto estático, se tendrá que volver a iniciar con el receptor móvil (Guajira D, 2007).

La variante de este método denominado STOP&GO consiste en determinar el número de puntos a levantar, donde se hará una parada para la recolección de datos para luego continuar al siguiente punto del levantamiento sin perder la señal del satélite. El tiempo de intervalo dependerá del tipo de trabajo que se quiera realizar y la cantidad de puntos a levantar, el tiempo determina el grado de precisión que se desea adquirir, de 2 cm a 1 ppm. Se tiene una gran variedad de aplicaciones en Topografía debido a su fácil uso y eficiencia logrando hacer levantamiento a tiempo real en un corto periodo de tiempo (Peñafiel & Zayas, 2001).

1.6.4 Incertidumbres o errores en observaciones GPS

Tiempo (relojes): la pseudodistancia se puede calcular multiplicando la velocidad de la onda (299 792 458 m/s) por el tiempo transcurrido entre transmitir la onda y recibirla, el problema surgirá cuando los relojes del satélite y el receptor no se encuentren sincronizados, el desfase de un microsegundo se puede traduce en un error de 300

metros. Aun debido al gran cuidado que se tiene con el control y ajuste, se tienen pequeños errores en los relojes de los satélites y receptores (Peñafiel & Zayas, 2001)

Ionosfera: La ionosfera está constituida con partículas de gas ionizadas que alteran las señales de radio que las atraviesan, disminuyendo la velocidad y generando una disipación de la señal, produciendo un error en el cálculo de la distancia.

Este retraso se debe a varios factores como:

- el vapor de agua que contiene la ionosfera
- la densidad de la ionósfera cambia durante el día siendo más densa que en la noche
- el ángulo de elevación del satélite, debido a que la distancia que debe recorrer la señal es mayor

Troposfera: los errores que produce la troposfera es similar a los errores que se producen en la ionosfera, aunque se pueden eliminar usando modelos troposféricos o mediante algoritmos (Pozo Ruz & Otros., 2010).



Figura 1.16 Error en la troposfera y ionosfera

Fuente:https://www.taringa.net/+info/el-famoso-gps-como-funciona-asi-funciona_ian1

El error causado por la Ionosfera y troposfera se puede corregir usando uno de los siguientes métodos (Pozo Ruz & Otros., 2010).

- Utilizando un factor de corrección, correspondiente al error que se encontraría en el transcurso de un medio día. Una manera aproximada de corregir el error atmosférico

- Tomando en cuenta la desaceleración de la luz al momento de que atraviesa la atmósfera, como el inverso proporcional del cuadrado de la frecuencia. De esta manera se puede corregir el error producido en la atmósfera

Ruido de rebote sobre la superficie: se genera este error cuando la señal de los satélites no es recibida de forma directa por el receptor, en lugar de eso la señal se ve reflejada produciendo un error en el cálculo de la distancia. La corrección del error se logra mediante un procesamiento de la señal, pero siendo el posicionamiento de un punto más apropiado para la observación el método más idóneo (Pozo Ruz & Otros., 2010).

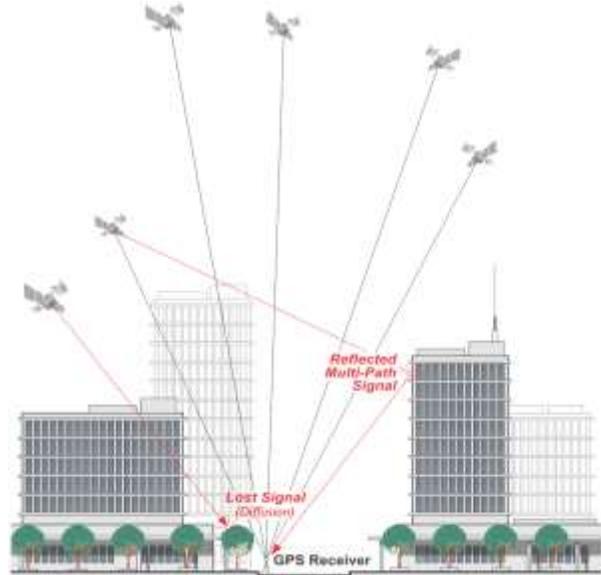


Figura 1.17 Error de Multipath

Fuente: <https://bit.ly/2RHDBLK>

Errores según los ángulos de los satélites: las mediciones pueden ser afectadas por el ángulo relativo que existe entre los satélites utilizados para la medición. Se puede representar la distancia que existe entre el receptor y el satélite mediante una circunferencia delimitada por un borde de franja gruesa, por lo cual el lugar donde se encuentra el receptor es un volumen de intersección se incrementa, creando incertidumbres en la medición, mientras que, si se escogen satélites que se encuentren ampliamente separados, las intersecciones de la circunferencia se convertirán en ángulos rectos, lo cual minimiza el error. Los receptores GPS eligen los satélites con mayor separación o generan los puntos con todos los satélites que se encuentren a la

vista o bien, el operador pudiera elegir los satélites con los cuales se quiere hacer la medición (Reyes & Hernández, 2003).

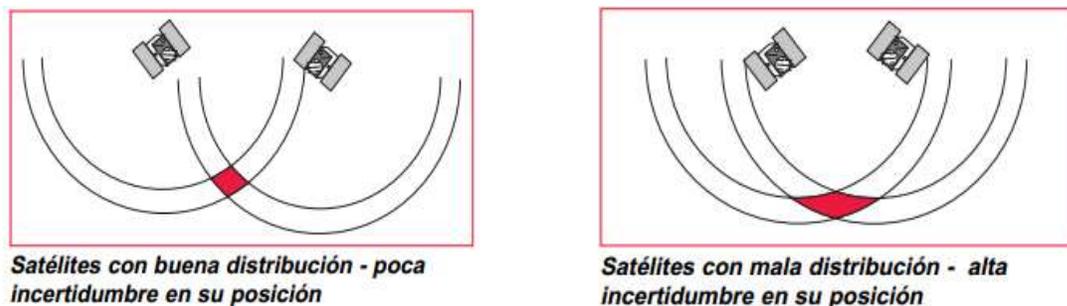


Figura 1.18 Errores según ángulos de los satélites

Fuente: (Duchén, 1999)

Estos errores pueden magnificarse mediante el principio de “Dilación Geométrica de la Precisión” (DOP).

Errores deliberados o de disponibilidad selectiva (S/A): es un error intencional al incluir un cierto “ruido” en los datos del reloj satelital, un error aleatorio de 15 a más de 100 metros, introducida por el Departamento de Defensa Estadounidense como una medida de seguridad al que se le dio por nombre de Disponibilidad Selectiva (S/A). este error fue eliminando el 2 de mayo de 2000 por el presidente Bill Clinton (Farjas M, 2006).

Conclusiones Parciales

1. La Topografía es una asignatura de alta significación para la formación de ingenieros civiles, particularmente los temas relacionados con geodesia, posicionamiento, campo gravitatorio de la tierra, geodinámica, fotogrametría, cartografía, topografía, superficie topográfica, proyección cartográfica, mapa topográfico, plano topográfico, curva de nivel...
2. Levantamiento Topográfico se entiende al conjunto de actividades que se realizan en el campo con el objeto de capturar la información necesaria que permita determinar las coordenadas rectangulares de los puntos del terreno, ya sea directamente o mediante un proceso de cálculo, lo resumen como “el proceso de medir, calcular y

dibujar para determinar la posición relativa de los puntos que conforman una extensión de tierra”.

3. El principio fundamental de la Topografía es que ninguna medida es exacta y, por lo tanto, nunca se conoce el valor verdadero de una medición; siendo esto cierto es necesario ajustar las mediciones hechas para que con base en la teoría estas cumplan con los estándares exactos.
4. La estación total es un instrumento que apareció como reemplazo del teodolito, y al mismo tiempo integra otros instrumentos bastante útiles para la medición de distancias, así como un procesador de datos con capacidad de almacenamiento de los mismos.
5. La tecnología del sistema de posicionamiento global está permitiendo grandes cambios en la sociedad. Las aplicaciones que usan GPS crecen constantemente y cada vez están siendo más indispensables en nuestra vida cotidiana. Hasta algo tan abstracto como la Teoría de la Relatividad General ha posibilitado la puesta a punto de este moderno sistema de posicionamiento.

CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente capítulo se realiza un análisis teórico del estado y situación actual del ajuste de levantamiento topográfico con estación total y GPS. Se caracteriza la aplicación y el procedimiento de los dos métodos topográficos para la realización del manual de ellos.

2.1 Levantamiento con Estación Total

2.1.1 Instalación y preparación del instrumento

Según Alcantara (1999), el instrumento se debe centrar y nivelar sobre puntos de control; estos puntos de control deben cumplir con los siguientes requisitos:

- **Excelente visibilidad:** antes de estacionar el instrumento sobre una estación de control se debe verificar que exista buena visibilidad, donde se puedan realizar se debe verificar que exista buena visibilidad, donde se puedan realizar la mayor cantidad de observaciones posibles, también, visualizar hacia la siguiente estación de control; esto con el objetivo de no perder tiempo por centrar y nivelar el instrumento varias veces.
- **Seguridad:** el sitio donde se coloque el instrumento debe brindar las mejores condiciones de seguridad en cuanto a personal y equipo se refiera, se debe tener especial cuidado en lugares donde haya demasiado tránsito, además se recomienda usar chalecos reflectivos o conos de seguridad vial.
- **Señalización:** es necesario identificar los puntos de control, el tipo de identificación se realizará según el tipo de terreno; para terrenos de concreto o asfalto, se recomienda utilizar espray de color rojo o algún tipo de tinta indeleble, mientras que para suelos sin recubrimiento se recomiendan estacas con clavos de lámina.
- **Una vez identificado y establecido el punto de control se procede a centrar y nivelar el instrumento, se debe tener especial cuidado en el transporte de los diversos dispositivos, en el embalaje y desembalaje de la estación total; para el desembalaje se debe toma el instrumento del asa y retirarlo suavemente del estuche; mientras que en el embalaje se debe verificar que la marca en forma de V quede viendo hacia fuera del estuche; además se debe verificar que posea la cantidad de baterías debidamente cargadas para el trabajo.**

El centrado y nivelado del instrumento conlleva tres procesos principales, colocación del trípode, centrado de la estación sobre el punto y nivelación del aparato, mediante el centrado de la burbuja y el nivel de plato.

- Colocación del trípode:
 - Se deben abrir las patas del tripié y colocarlas sobre el suelo
 - Centrar el trípode sobre la estación, observando sobre el orificio de su cabeza
 - Ejercer presión sobre las patas del tripié para dejarlas firmemente sobre el terreno
 - Nivelar la cabeza del trípode con ayuda de los tornillos de mariposa en las patas
 - Luego colocar la estación total sobre la cabeza del instrumento
- Centrado: el centrado del aparato se puede realizar de dos formas, según la tecnología de la estación total, está el centrado de la plomada óptica y el centrado con la plomada laser.
 - Una vez montado el instrumento sobre el trípode, observar sobre el nivel y centrar la retícula sobre el punto de estación, si es plomada óptica
 - Si se utiliza plomada laser, una vez fija la estación total sobre el tripié, encender la estación y activar el láser, se debe hacer coincidir la marca de la estación con el punto de la luz láser. Se puede observar gráficamente la colocación del trípode y los dos tipos de centrado en la figura 2.1

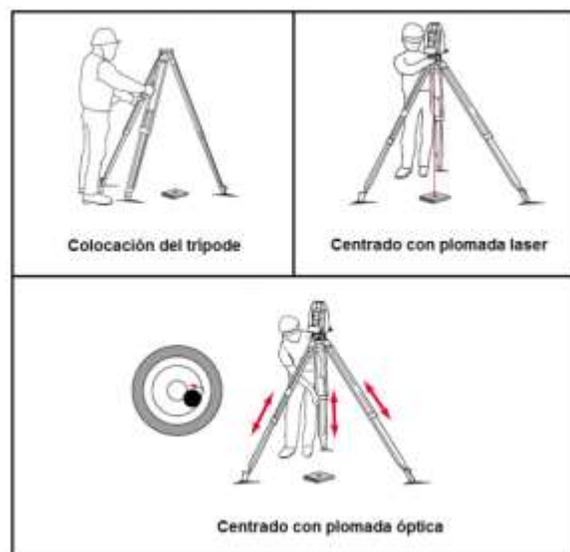


Figura 2.1: Colocación del trípode y centrado de la estación total

Fuente: Principios básicos de Topografía. <http://w3.leica-geosystems.com>. Consulta: 3 de abril de 2019

- Nivelación: se dice que una estación total esta nivelada cuando el eje vertical de la misma, está realmente en dirección vertical, esto se realiza mediante la nivelación de burbuja (ojo de buey) y la nivelación tubular.
 - Se procede al nivelado del instrumento mediante el centrado de la burbuja, desajustar y ajustar los tornillos de mariposa para mover las patas del trípode hasta que el nivel de burbuja quede en el centro
 - Después de hacer esto se procede a la nivelación definitiva del aparato con el nivel tubular, primero colocar el nivel tubular paralelo a dos tornillos niveladores, ajustar los tornillos hasta que la burbuja este centrada. En la figura se puede apreciar el procedimiento para nivelar una estación total



Figura 2.2: Nivelación de una estación total

Fuente: guía del usuario. <http://www.geocom.cl>. Consulta: 4 de abril de 2019

- Rotar la alidada 90° y ajustar el tercer tornillo nivelador, hasta que la burbuja quede al centro
- Se debe verificar nuevamente el centrado con la plomada óptica o laser, si no está centrado, aflojar el tornillo de fijación de la cabeza del trípode, y con empujes moderados hacer coincidir el aparato con el punto de estación, no es aconsejable rotar el instrumento, si existe mucha diferencia repetir el proceso desde el paso (a)

- A partir de este momento se comienza con el nuevo trabajo, realizando las respectivas observaciones a los puntos de interés
- Cuando se realiza un cambio de estación no es aconsejable transportar el instrumento unido al trípode, se desplazan por separado
- Ajuste del ocular: se lleva a cabo a partir de dos procesos, primero se debe realizar el ajuste de la dioptría y luego eliminar la paralaje, esto se realiza con la ayuda de los aros que se muestran en la figura.



Figura 2.3: Aros de ocular

Fuente: guía del usuario. <http://www.geocom.cl>. Consulta: 3 de abril de 2019

- Para el ajuste de la dioptría, primero se debe visualizar hacia un objetivo claro, puede ser el cielo o una hoja de papel
- Se debe rotar el aro de la dioptría, hasta que la cruz filar (línea de colimación) sea perfectamente visible y clara
- Luego se debe eliminar la paralaje, para ello visamos hacia nuestro objetivo, se rota el aro de enfoque hasta que la imagen de nuestro objetivo se observe con nitidez en la línea de colimación de la retícula
- Se deben mover los ojos hacia los lados, hacia arriba y abajo, para comprobar si la línea de colimación se mueve con relación al objetivo
- Si no se mueve, entonces la paralaje se ha eliminado
- Si no se mueve, entonces la paralaje se ha eliminado
- De no ser así repetir el paso ©, desde que se rota el aro de enfoque

2.1.2 Programas y aplicaciones de estación total

Los programas y aplicaciones que están cargados de forma predeterminada a una estación total difieren de un modelo a otro. Entre los principales y más comunes se pueden mencionar (Guillermo B, 2016):

- **Replanteo:** este programa asiste en el replanteo y modificación de puntos con coordenadas conocidas o en la integración de nuevos puntos, utilizando datos de coordenadas conocidas, almacenados en la memoria o ingresados manualmente. La figura 2.4 esquematiza las funciones características del menú de replanteo en algunas estaciones.

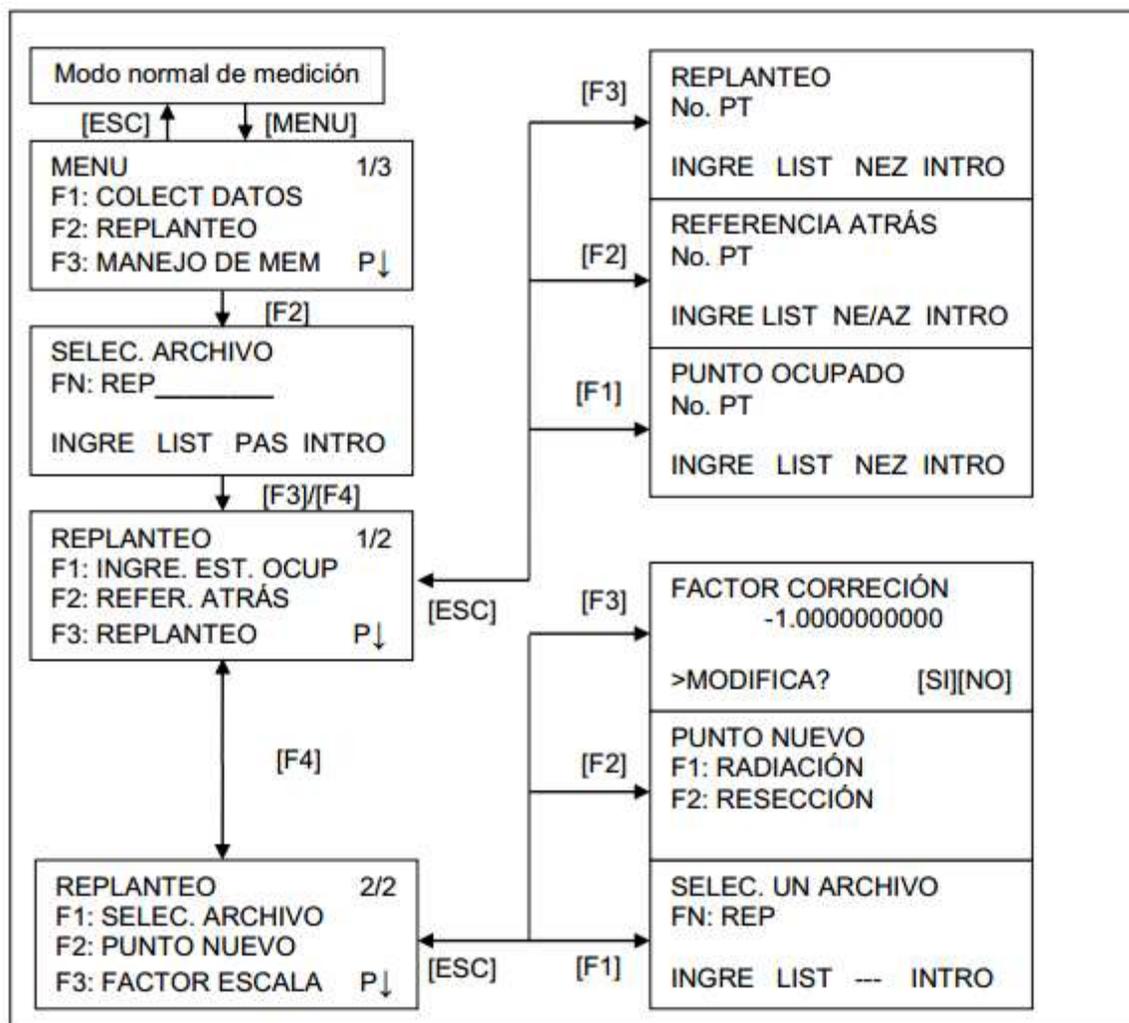


Figura 2.4: menú de replanteo en estación total

Fuente: <http://is.gd/wE5avs>. Consulta: 3 de abril de 2019

- **Puesta en estación libre:** como una subopción al programa de replanteo, este programa calcula la posición y altura de la estación del instrumento, así como la orientación del círculo horizontal a partir de la medición de al menos dos puntos de coordenadas conocidas. Las coordenadas de los puntos de enlace se pueden ingresar manualmente o transferirse previamente a la memoria del instrumento. La puesta en estación libre tiene la ventaja de dar al operador la posibilidad de elegir la ubicación del instrumento que resulte más conveniente; de esta forma, ya no queda obligado a colocarse en un punto de coordenadas conocidas, pero con una ubicación poco satisfactoria.

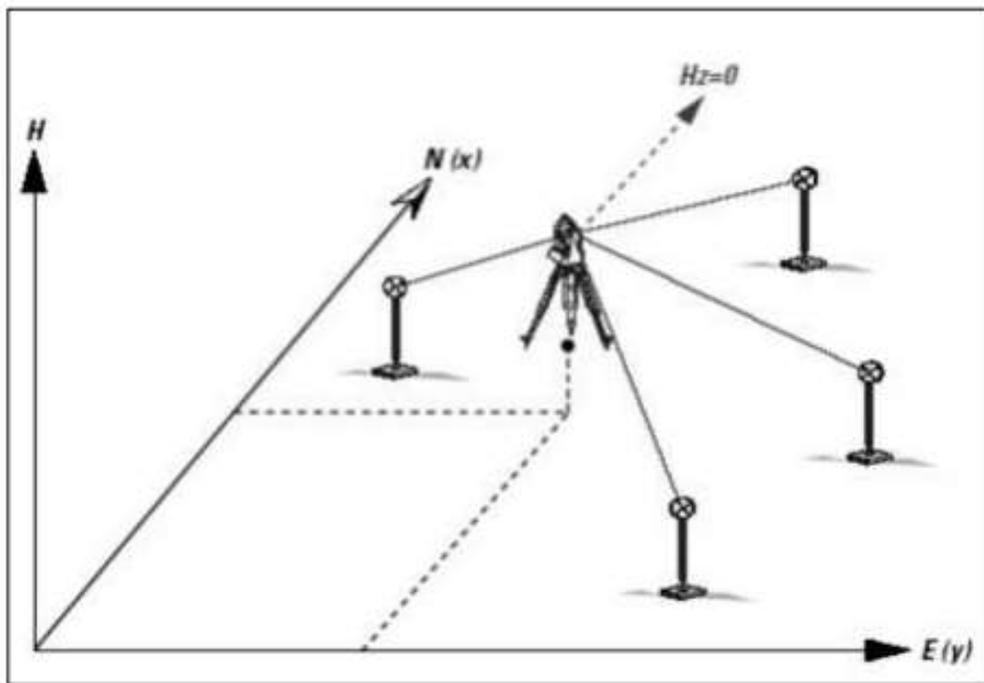


Figura 2.5: puesta en estación libre

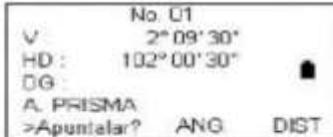
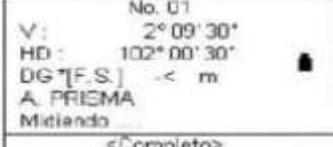
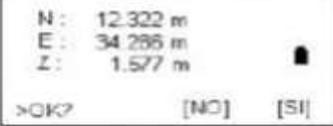
Fuente: <http://is.gd/PlxAGr>. Consulta: febrero de 2013

En la figura 2.5 se esquematiza la operación de una puesta en estación libre, algunos manuales de estaciones totales titulan este procedimiento como replanteo por resección, bisección o trisección. En la tabla 2.1 se describe un procedimiento típico de funciones para utilizar este programa.

Tabla 2.1: procedimiento para puesta en estación libre

Fuente: <http://is.gd/wNH99C>. Consulta: 3 de abril de 2019

| Procedimiento | Funciones en ET | Pantalla |
|--|------------------------------|---|
| Centrar y nivelar la estación total en el punto de coordenadas que se desean conocer. | | |
| Dentro de la función de [Replanteo] buscar la subfunción [Resección], [Bisección] o [Trisección]. | [REPLANTEO] ▶ [RESECCIÓN] | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> REPLANTEO 1/2 1. INTRO BASE 2. ORIENTACIÓN 3. REPLANTEAR PI </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> REPLANTEO 2/2 1. SIDE SHOOT 2. RESECCIÓN 3. GRID FACTOR PI </div> |
| Introducir el nombre del nuevo punto, código y altura del instrumento; luego el sistema solicitará que se introduzca el nombre del punto conocido. | [ENT] ▶ [ENTRA] | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> NUEVO PUNTO PUNTO -3 CÓDIGO: A INST: 1.200m BORR LIST NUM ENT </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> RESECCIÓN NO 01 PUNTO 3 ENTRA LIST NEZ OK </div> |
| La pantalla mostrará las coordenadas del punto conocido y solicitará una confirmación de la selección de este. | [SI] | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> RESECCIÓN NO 01 N: 9.169 m E: 7.851 m Z: 12.312 m >OK? [NO] [SI] </div> |
| La pantalla indicará la solicitud de ingreso de altura de prisma. | [ENT] | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> INTR ALT PRISM A. PRISMA: 0.000m BORR ENT </div> |

| | | |
|---|-----------------------------------|---|
| <p>Visar al punto conocido elegido y seleccionar si la resección será angular (es necesario conocer al menos tres puntos) o por distancia (es necesario conocer al menos dos puntos). Luego iniciará la medición.</p> | <p>[ANG] o [DIST]</p> |   |
| <p>Al concluir la medición el instrumento solicitará el siguiente punto conocido para visar y se realiza la misma operación. Al completar, el error residual será calculado. Presionar [SIG] si hubiera más puntos, pudiendo ser hasta siete o [CALC] para calcular el nuevo punto.</p> | <p>[ENT] ▶ [SIG] o [CALC]</p> |  |
| <p>Al concluir las mediciones de los puntos y calcular el nuevo punto, se mostrará la desviación estándar, y al presionar [NEZ] mostrará las coordenadas del nuevo punto y la opción para grabar el dato. Al concluir la pantalla regresará al menú de replanteo.</p> | <p>[NEZ] ▶ [SI]</p> |   |

- Distancia de enlace:** también por sus siglas en inglés MLM (Missing line measurement); este programa establece la distancia y la diferencia de altura entre dos puntos, colocando la estación total en un punto aleatorio favorable, desde el cual puedan visarse ambos puntos en cuestión (tal como lo muestra la figura 2.6), o bien, tomando dos puntos desde la memoria del instrumento, para que esta realice el cálculo. Puede que sea necesario del instrumento, para que esta realice el cálculo. Puede que sea necesario el uso de prismas de reflexión ubicados en los puntos desde los que se desea medir, a menos que la estación total que se está manejando cuente con láser de medición sin prisma. En la tabla 2.2 se muestra un procedimiento representativo para acceder y utilizar este programa.

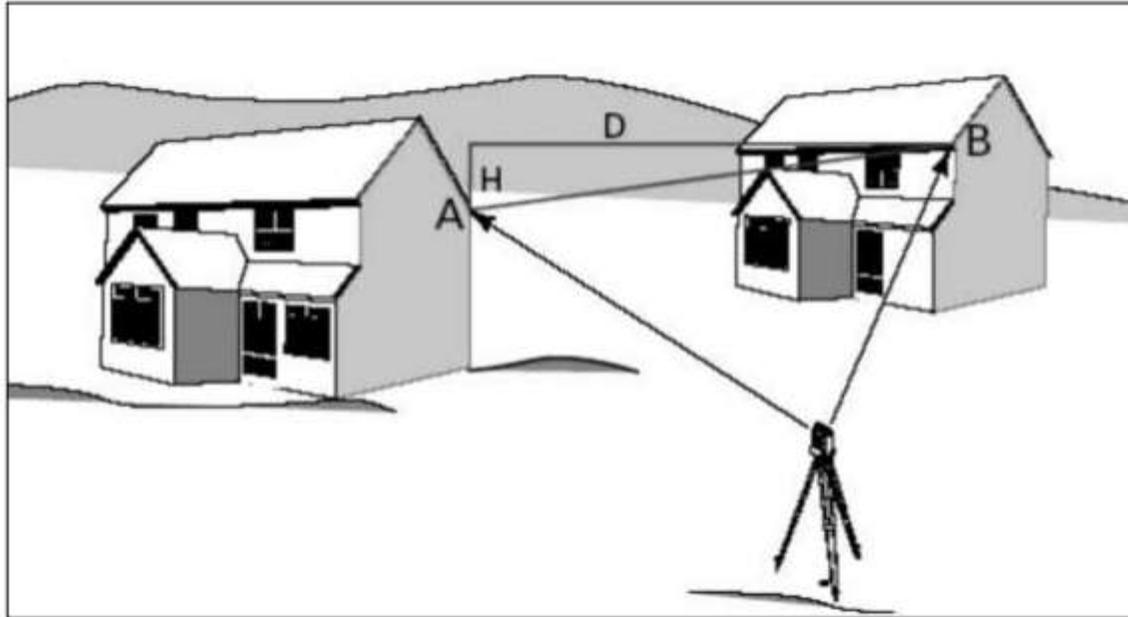


Figura 2.6 distancia de enlace

Fuente: <http://is.gd/PlxAGr>. Consulta: 3 de abril de 2019

| Procedimiento | Funciones en ET | Pantalla |
|---|----------------------------------|--|
| Centrar y nivelar la estación total en el punto desde el cual se visarán los puntos en cuestión. | | |
| En el menú de programas seleccionar [MLM]. El programa preguntará si se usarán coordenadas de puntos de la memoria o no. [ESC] para no y [ENT] para sí. | [MLM] ▶ [ESC] | <pre> 1. REM 2. MLM 3. COORDENADA Z 4. AREA 5. PUNTO A LINEA 6. Ejes SELECC ARCHIV CORD ARCH: SOUTH BORR LIST NUM ENT </pre> |
| En la siguiente pantalla puede ingresarse un factor de corrección, si es necesario o se desea, de lo contrario se elige la opción [NO USAR]. | [USAR G.F.] o [NO USAR] | <pre> GRID FACTOR 1. USAR G.F 2. NO USAR </pre> |
| Se cuenta con dos opciones de uso: la opción [A-B A-C] puede medir tres puntos referenciados al primero; la opción [A-B B-C] puede determinar las distancias de tres puntos referenciados al segundo que se mide. | MLM1[A-B A-C] o MLM2[A-B B-C] | <pre> MLM 1. MLM-1 (A-B A-C) 2. MLM-2 (A-B B-C) </pre> |

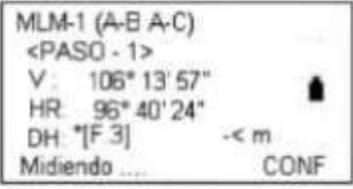
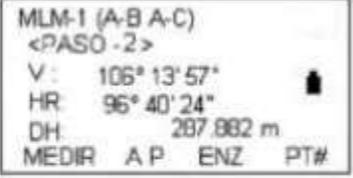
| | | |
|--|-----------------------|--|
| <p>Si se desea medir la distancia entre dos puntos como el ejemplo de la figura 15, visar hacia el primer punto (A) y presionar [MEDIR]. Al terminar, mostrará la distancia del instrumento al punto (A).</p> | <p>[MEDIR]</p> |   |
| <p>Se repite la operación para el siguiente punto (B) y el sistema calcula la distancia horizontal y vertical entre los puntos (A) y (B). El sistema permite la medición de más puntos para referenciar distancias hacia el punto (A), presionando la función [SIG] o [ESC] para regresar al menú principal.</p> | <p>[ANG] o [DIST]</p> |  |

Tabla 2.2: procedimiento para distancia de enlace

Fuente: <http://is.gd/wNH99C>. Consulta: 3 de abril de 2019

- Medición de alturas remotas:** también conocido por sus siglas en ingles REM (Remote elevation measurement). Este programa ayuda a medir la distancia vertical entre un punto accesible y uno remoto o entre dos puntos remotos. En el primer caso se utiliza un prisma para apuntar hacia el punto conocido y para el segundo no es necesario el uso de prisma, si es que la estación total cuenta con dicha opción. Básicamente la medición REM sirve para medir la altura a un punto en el que no se puede instalar directamente un prisma. Por ejemplo: cables eléctricos, catenarias, puentes, u otros como se muestra en la figura 2.7.

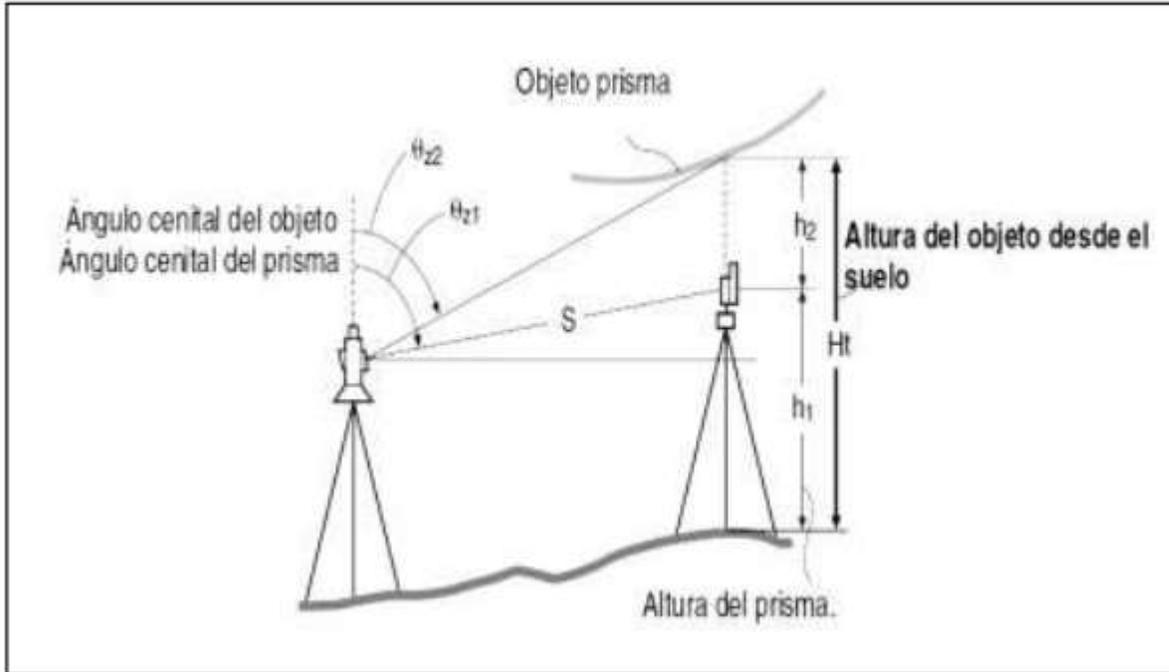


Figura 2.7: medición de alturas remotas.

Fuente: <http://is.gd/vsEYWd>. Consulta: 3 de abril de 2019

| Procedimiento | Funciones en ET | Pantalla |
|---|--|--|
| Centrar y nivelar la estación total en el punto desde el cual se visarán los puntos en cuestión. | | |
| En el menú de programas seleccionar [REM]. El programa solicitará la confirmación para ingresar la altura de prisma [1] o en el caso que no se conozca [2]. | [REM] ▶ [INTR. ALT PRISM] o [SIN ALT PRISM] | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <ol style="list-style-type: none"> 1. REM 2. MLM 3. COORDENADA Z 4. AREA 5. PUNTO A LINEA 6. Ejes <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> REM 1/2 </div> <ol style="list-style-type: none"> 1. INTR ALT PRISM 2. SIN ALT PRISM <div style="text-align: right; margin-top: 5px;">PI</div> </div> |

Continuación de la tabla

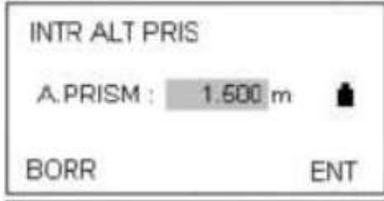
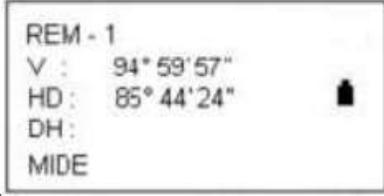
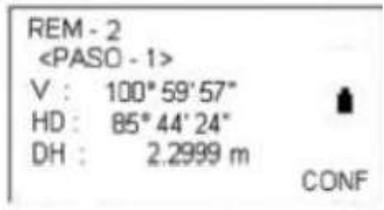
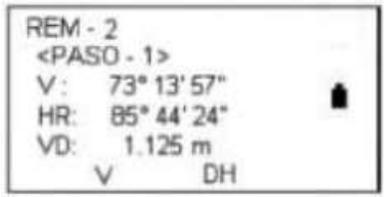
| | | |
|---|-------------------------------|---|
| <p>Ingresar la altura de prisma medida (si esta fue la opción elegida en el paso anterior), visar hacia este y presionar la acción [MIDE] en el instrumento.</p> | <p>[ENT] ▶ [MIDE]</p> |   |
| <p>Cuando la medición termina, se muestra la distancia horizontal hacia el prisma. Luego presionar [CONF] y visar hacia el objetivo y se mostrará la altura remota (VD)</p> | <p>[CONFIG] ▶ Colimar</p> |   |

Tabla 2.3: procedimiento para medición de alturas remotas

Fuente: <http://is.gd/wNH99C>. Consulta 3 de abril de 2019

La tabla 2.3 muestra un procedimiento representativo de la utilización de este programa.

- **Cálculo de área:** se puede calcular el área de una figura cerrada; este cálculo puede ser desde un archivo de coordenadas almacenado en la memoria de la estación total, o bien con datos que se han de medir directamente desde un sitio del cual se puedan visar todos los puntos en cuestión, como lo muestra la figura 2.8. Debido a que el cálculo de área que realiza una estación total lo efectúa a partir de las coordenadas de los vértices, la precisión que alcance esta, está directamente relacionada con la precisión con la que se miden las coordenadas. Es importante mencionar que, si las líneas del perímetro de la figura a la cual se desea calcular el área se cruzan entre sí, el área no será calculada o devolverá valores falsos.

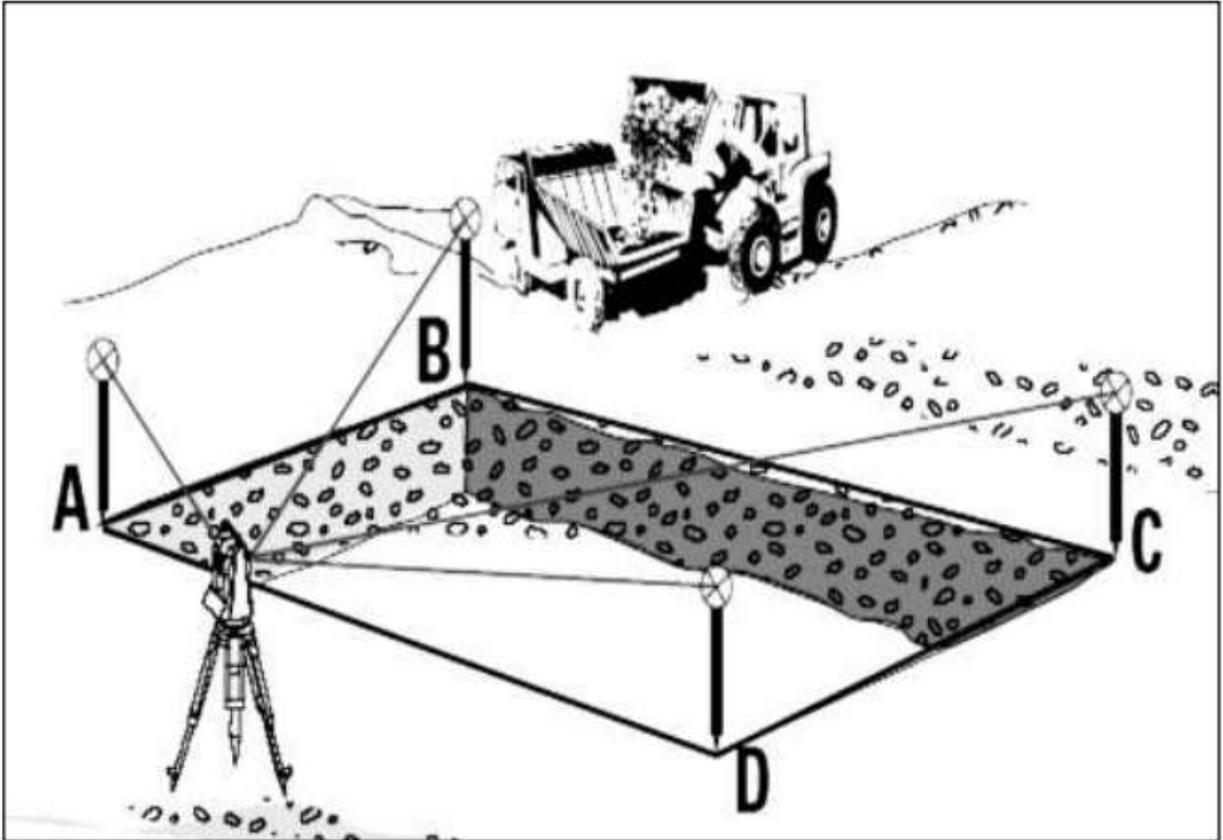


Figura 2.8: cálculo de área con estación total

Fuente: <http://is.gd/PlxAGr>. Consulta: abril de 2019

La tabla 2.4 muestra un procedimiento característico para el uso de este programa en una estación total.

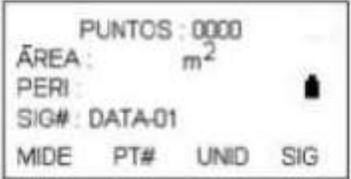
| Procedimiento | Funciones en ET | Pantalla |
|---|----------------------------------|--|
| Centrar y nivelar la estación total en el punto desde el cual se visarán los puntos en cuestión. | | |
| En el menú de programas seleccionar [ÁREA]. El programa solicitará que se seleccione el archivo de coordenadas al cual se le calculará el área. Presionar [ENT] luego de seleccionarlo o [ESC] si los puntos serán medidos. | [ÁREA] ▶ [ENT] o [ESQ] |  |
| En la pantalla de cálculo del área, si se seleccionan los puntos de la memoria utilizar cualquiera de las opciones disponibles ([SIG], [PT#]). Si se miden los puntos en campo, seleccionar la opción [MIDE]. | [SIG] o [PT#] ▶ [MIDE] |  |
| El sistema iniciará la medición. Luego de haber tomado al menos tres puntos, en la pantalla se mostrará el área calculada, si se desea seguir tomando más puntos, se continúa utilizando la función [MIDE]. | [MIDE] ▶ Colimar [MIDE]... |  |

Tabla 2.4: procedimiento para cálculo de área

Fuente: <http://is.gd/wNH99C>. Consulta 3 de abril de 2019

Estos programas ayudan a realizar tareas específicas, y aun cuando el nombre de algún programa difiera entre un modelo y otro de una estación total, su principio es básicamente el mismo.

Es recomendable que al trabajar en una estación total se pueda consultar el manual de usuario, para conocer los programas específicos con las que ese modelo en especial cuenta y la forma adecuada de utilizarlos.

2.2 Levantamiento con GPS

2.2.1 Preparación para la primera utilización

Configuración como base para post-proceso (equipo –GS10)

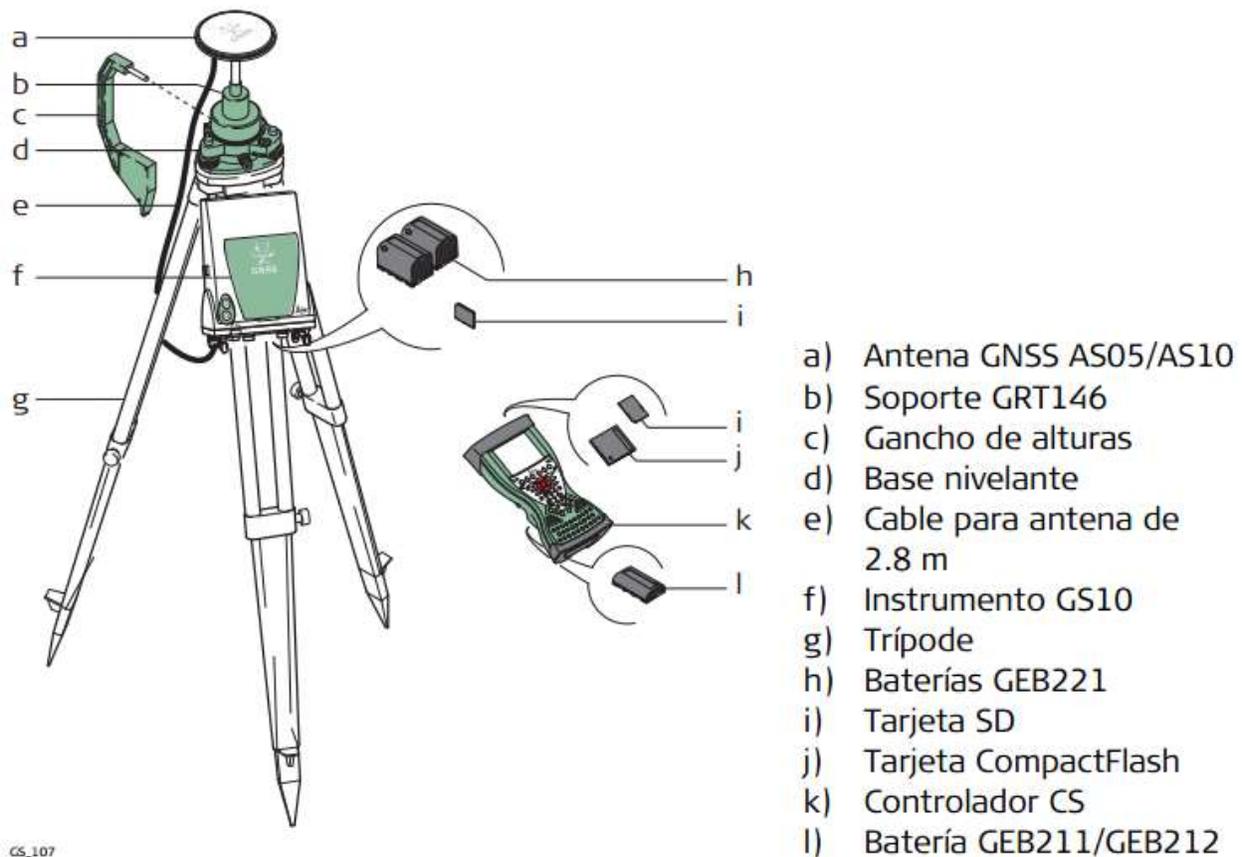


Figura 2.9: Configuración como base para post-proceso

Fuente: Leica,2019

| Paso | Descripción |
|------|---|
| 1 | Colocar el trípode. |
| 2 | Colocar la base nivelante sobre el trípode y nivelarla. |
| 3 | Asegurarse de que la base nivelante se encuentre sobre la marca en el terreno |

| | |
|----|--|
| 4 | Colocar y asegurar el soporte sobre la base nivelante. |
| 5 | Atornillar la antena GNSS al soporte. |
| 6 | Revisar que la base nivelante permanezca nivelada. |
| 7 | Introducir las baterías en el instrumento. |
| 8 | Introducir la tarjeta SD en el instrumento. |
| 9 | Conectar el instrumento a la antena GNSS empleando el cable para antena y el puerto ANT del instrumento. |
| 10 | Encender el controlador CS y si es necesario, conectarlo al instrumento. |
| 11 | Para colgar el instrumento de la pata del trípode, utilizar el gancho que se encuentra en la parte posterior de la unidad. O bien, colocar el instrumento en el estuche de transportación. |
| 12 | Insertar el gancho de alturas en el soporte. |
| 13 | Medir la altura de la antena empleando el gancho de alturas. |
| 14 | Pulsar la tecla ON/OFF del instrumento por lo menos durante 2 seg. Para encender el instrumento. |

Tabla 2.5: Los pasos de configuración como base para post-proceso

Fuente: Elaboración propia

Configuración como base en tiempo real

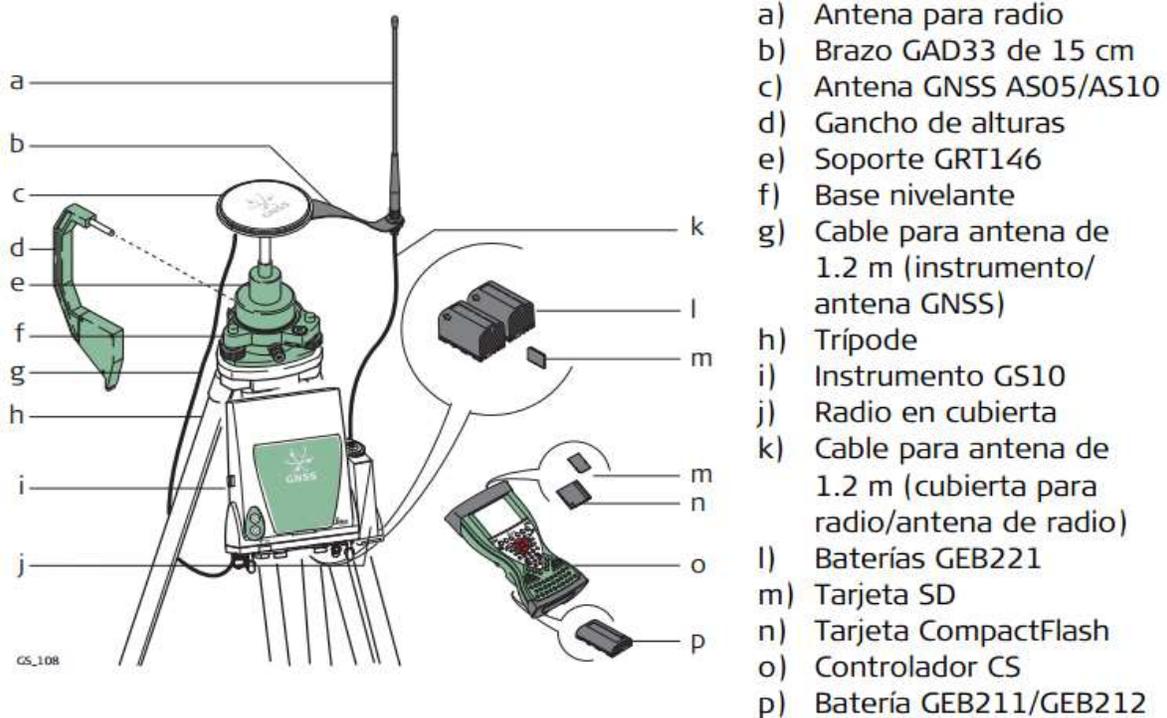


Figura 2.10: Configuración como base en tiempo real

Fuente: Leica,2019

| Paso | Descripción |
|------|--|
| 1 | Colocar el trípode. |
| 2 | Colocar la base nivelante sobre el trípode y nivelarla. |
| 3 | Asegurarse de que la base nivelante se encuentre sobre la marca en el terreno. |
| 4 | Colocar y asegurar el soporte sobre la base nivelante. |
| 5 | Atornillar la antena GNSS al soporte. |
| 6 | Revisar que la base nivelante permanezca nivelada. |
| 7 | Introducir la tarjeta SD y las baterías en el instrumento. |
| 8 | Conectar el instrumento a la antena GNSS empleando el cable para antena y el puerto ANT del instrumento. |
| 9 | Si es necesario, conectar el controlador CS al instrumento. |

| | |
|----|--|
| 10 | Para colgar el instrumento de la pata del trípode, utilizar el gancho que se encuentra en la parte posterior de la unidad. O bien, colocar el instrumento en el estuche de transportación. |
| 11 | Insertar el gancho de alturas en el soporte. |
| 12 | Medir la altura de la antena empleando el gancho de alturas. |
| 13 | Sujetar el brazo para la antena a la antena GNSS. |
| 14 | Enroscar la antena de radio al brazo para la antena. |
| 15 | Conectar la radio en su cubierta al puerto P2 o P3 en el instrumento. |
| 16 | Conectar la antena de radio a la cubierta de radio utilizando el segundo cable para antena de 1,2m. |
| 17 | Pulsar la tecla ON/OFF del instrumento por lo menos durante 2 seg. Para encender el instrumento. |

Tabla 2.6: Los pasos de configuración como base en tiempo real

Fuente: Elaboración propia

Configuración como móvil en tiempo real

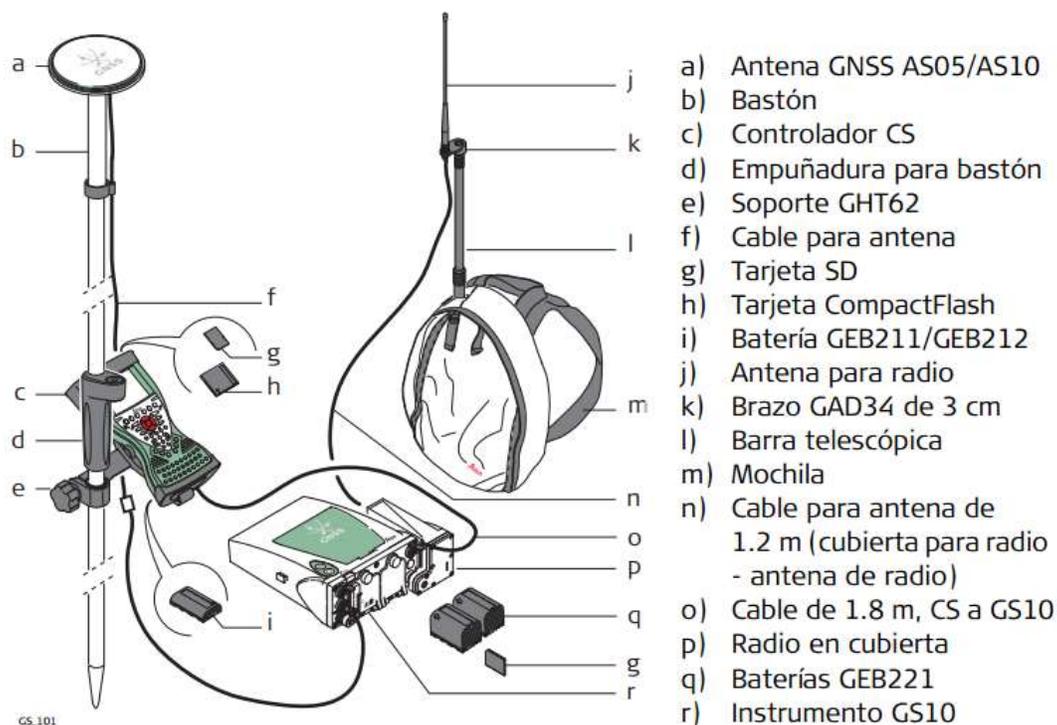


Figura 2.11: Configuración como móvil en tiempo real

Fuente: Leica, 2019

| Paso | Descripción |
|------|---|
| 1 | Sujetar el soporte GHT62 al bastón. Consultar “1,2 sujetar el CS al soporte y bastón”. |
| 2 | Introducir la tarjeta SD o CompactFlash y la batería en el controlador CS. |
| 3 | Colocar el controlador CS en el soporte y asegurarlo, empujando el botón de ajuste hasta la posición cerrada. |
| 4 | Pulsar la tecla ON/OFF en el controlador CS para encenderlo. |
| 5 | Atornillar la antena GNSS en la punta del pastón. |
| 6 | Introducir la tarjeta SD y las baterías en el instrumento. |
| 7 | Conectar la radio en su cubierta al puerto P2 o p# en el instrumento. |
| 8 | Colocar el instrumento en la mochila con la parte superior mirando hacia el exterior y el panel frontal del instrumento hacia arriba. |
| 9 | Abrochar la correa alrededor del instrumento. |

| | |
|----|---|
| 10 | Introducir la barra telescópica a través de la abertura que se encuentra en la parte superior de la mochila. Asegurarse de que entro en el alojamiento de la mochila y empujarla hasta el fondo. |
| 11 | Ajustar la altura de la barra telescópica de forma conveniente. |
| 12 | Enroscar el brazo para la antena de radio en la barra telescópica. |
| 13 | Conectar el primer cable para antena de radio de 1,2m a la antena de radio. |
| 14 | Hacer pasar el cable a través del orificio que se encuentra en la parte superior de la mochila y por debajo del instrumento. |
| 15 | Conectar el primer cable para antena de radio de 1,2m al radio. |
| 16 | Conectar el cable para antena de 1,6m al puerto ANT del instrumento. |
| 17 | Deslizar el cable para antena de 1,6m a través del tensor y hacerlo pasar por el orificio que se encuentra en la esquina inferior de la solapa de la mochila. Consultar “posición de los cables en la mochila”. |
| 18 | Sacar la cantidad necesaria de cable y ajustar el tensor. |
| 19 | Conectar uno de los extremos del segundo cable para antena de 1,2m al extremo libre del cable para antena de 1,6m y el otro extremo a al antena GNSS. |
| 20 | Conectar el cable de 1,8m, CS al GS al controlador CS. |
| 21 | Deslizar el cable de 1,8m, CS a GS a través del orificio que se encuentra en la esquina inferior de la solapa de la mochila y hacerlo pasar a través del tensor. Consultar “posición de los cables en la mochila” |
| 22 | Conectarlo al puerto P1 del instrumento. |
| 23 | Pulsar la tecla ON/OFF del instrumento para encenderlo. |

Tabla 2.7: Los pasos de configuración como móvil en tiempo real

Fuente: Elaboración propia

SmartWorx Viva y principios

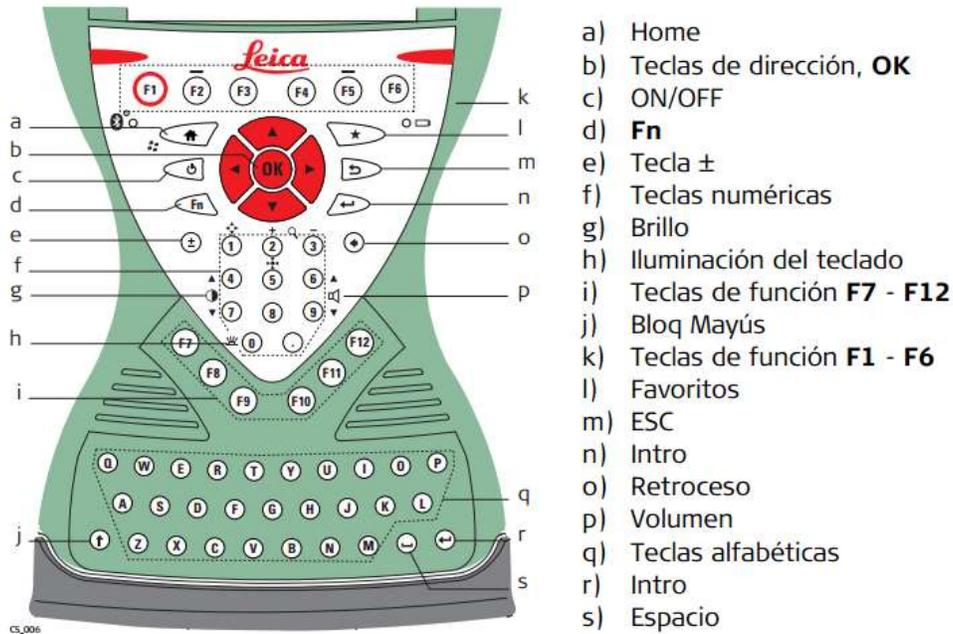


Figura 2.12: SmartWorx Viva

Fuente: Leica, 2019

Pantalla

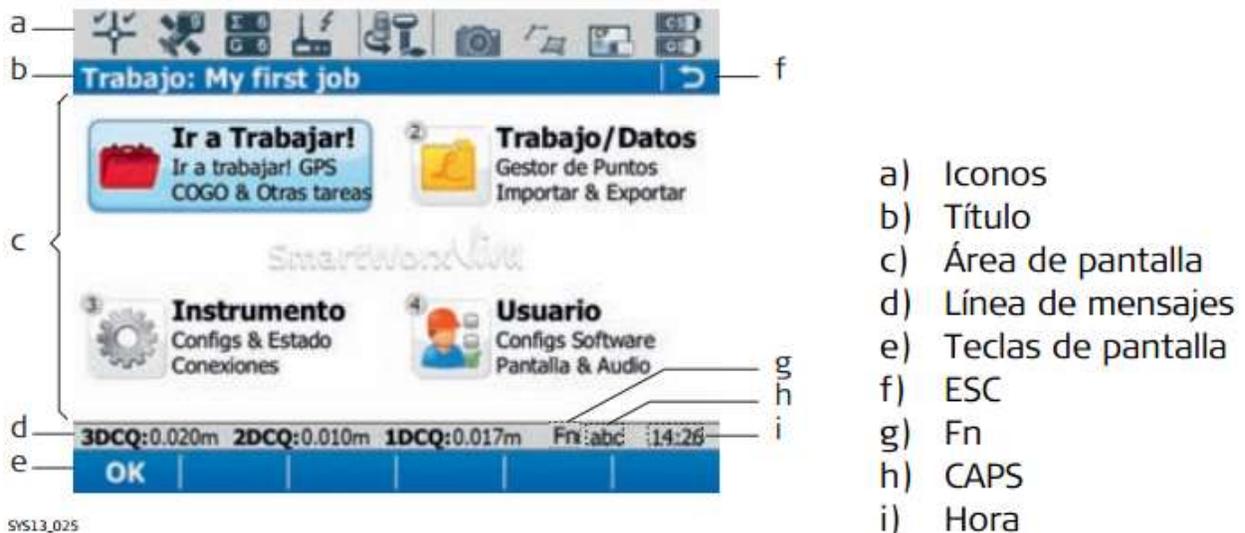


Figura 2.13: Pantalla

Fuente: Leica

Iconos

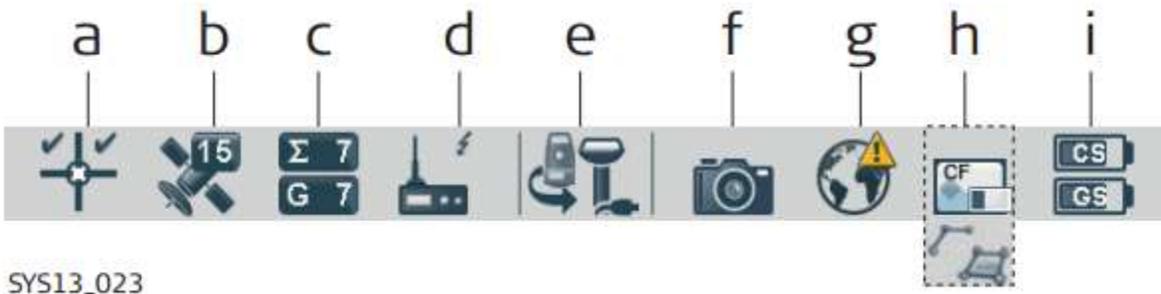


Figura 2.14: Iconos

Fuente: Leica

- a) Estado de posición GNSS
- b) Número de satélites visibles
- c) Número de satélites que están contribuyendo al cálculo de la solución de la posición
- d) Dispositivo de tiempo real y estado del tiempo real
- e) Instrumento activo
- f) Cámara
- g) Estado de conexión a internet
- h) Memoria de almacenamiento (tarjeta SD/tarjeta CompactFlash/memoria USB/memoria interna) o puntos de línea/área/automáticos
- i) Nivel de batería (controlador/instrumento)

Aérea de pantalla



Figura 2.15: Aérea de pantalla

Fuente: Leica, 2019

| Función del menú principal | Descripción |
|---|---|
|  | <p>Ir a Trabajar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para seleccionar e iniciar una aplicación. |
|  | <p>Trabajo/Datos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para gestionar trabajos, datos, listas de códigos, antenas GNSS, prismas y sistemas de coordenadas. • Para exportar datos de un trabajo desde el instrumento a un archivo en el dispositivo de memoria en un formato ASCII modificado o en formato DXF. • Para importar datos ASCII, GSI o DXF desde un archivo en el dispositivo de memoria a un trabajo en el instrumento. • Para copiar puntos entre trabajos. |
|  | <p>Instrumento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para acceder a todos los parámetros de configuración relacionados con un levantamiento, el instrumento y las interfaces. • Para visualizar las diferentes pantallas de estado del instrumento. • Para TS11/TS15: para configurar la cámara, si está disponible. |
|  | <p>Usuario</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para formatear el dispositivo de memoria. • Para cargar archivos importantes para el funcionamiento del instrumento, por ejemplo, archivos de firmware, archivos de idioma y contraseñas de licencia. • Para transferir datos entre el dispositivo de memoria y un servidor FTP típico. • Para visualizar archivos en el dispositivo de memoria o en la memoria interna. • Para acceder a todos los parámetros de configuración y personalizar el sistema y el estilo de trabajo. |

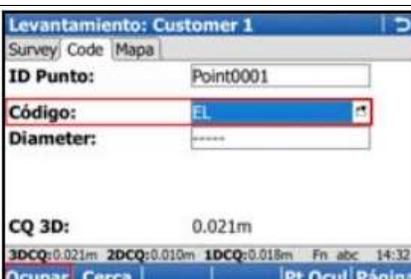
| | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Para TS11/TS15: para comprobar y ajustar el compensador, error de índice y error de colimación. |
|--|---|

Tabla 2.8: Función del menú principal

Fuente: Leica

2.2.2 Midiendo con el sistema GPS

Levantamiento: levantamiento de objetos puntuales (hidrantes, postes de alumbrado, etc.) seleccionando códigos por teclado.

| | |
|---|--|
|  | <p>Iniciar levantamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • En el menú Ir a Trabajar! Seleccionar Levantamiento y acceder a Levantamiento. |
|  | <ul style="list-style-type: none"> • Cambiar a la página Código. |
|  | <p>Selección del código</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resaltar Código y seleccionar el código EL (para poste de alumbrado eléctrico). Para seleccionar el código EL, desplazarse al código en la lista o teclearlo para abrir la lista desplegable y buscar el código. |
|  | <p>Medición del objeto puntual</p> <ul style="list-style-type: none"> • Después de elegir el código, pulsar Medir para medir el objeto puntual. |

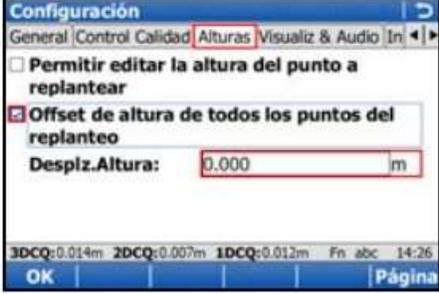
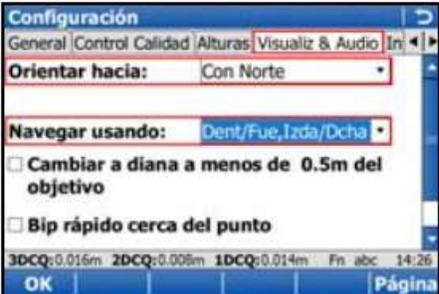
| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • una vez que la medición ha finalizado, aparecerá la pantalla Introduc. Atributos Oblig., ya que el atributo Diameter es obligatorio y el campo está vacío. • Introducir un diámetro de 300 (mm) y pulsar |
| | <ul style="list-style-type: none"> ☞ De esta forma habrá finalizado la medición de su primer objeto puntual. ☞ Después de guardar el punto, se visualizan el código y el valor del atributo grabados. |

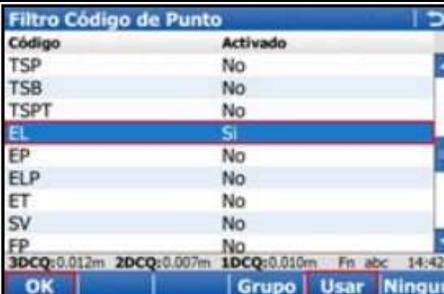
Tabla 2.9: Los procedimientos de levantamiento

Fuente: Elaboración propia

Replantear: replanteo de objetos puntuales. Para facilitar el trabajo, se definirá un filtro antes de replantear el objeto puntual. El filtro se definirá de tal forma que solo quedaran disponible aquellos puntos con un determinado código y que aún no hayan sido replanteados.

| | |
|--|---|
| | <h3>Iniciar Replanteo Polar</h3> <ul style="list-style-type: none"> • En el menú Ir a Trabaja!, seleccionar Replantear y acceder a Replanteo Polar. |
|--|---|

| | |
|---|--|
|  | <p>Selección Trabajo de Control</p> <ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar el trabajo que contiene los objetos puntuales que serán replanteados. • Pulsar OK para acceder a la pantalla Replanteo Polar. |
|  | <p>Configuración Replanteo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pulsar Fn Config para acceder a la pantalla Configuración. |
|  | <p>Configurar los siguientes parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Página General, pagina Control Calidad y pagina Informe: No modificar los parámetros. • Página Alturas: Activar la casilla Offset de altura de todos los puntos del replanteo y configurar el campo Desplz Altura con un valor de 0.000 m. |
|  | <ul style="list-style-type: none"> • Página Visualiz & Audio: Configurar Orientar: Usar Flecha y Navegar usando: Dent/Fue, Izda/Dcha. • Pulsar OK para regresar a la pantalla Replanteo Ortogonal. |

| | |
|--|--|
|  <p>Replanteo Ortogonal Replantear Mapa ID Punto: Point0001 Altura: 467.722m Altura Antena: 2.000 m 3DCQ:0.020m 2DCQ:0.011m 1DCQ:0.017m Fn abc 14:18 Medir Cerca Revers Levant Página</p> | <p>Configuración de filtros</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tocar sobre el cuadro con la flecha hacia abajo que se encuentra a la derecha del ID Punto para acceder a la pantalla Data. Se muestra una lista con todos los puntos guardados en el archivo de control. |
|  <p>Data: Customer 1 Pistect * Kartta * Punto Código Punto Point0001 EL 3DCQ:0.016m 2DCQ:0.009m 1DCQ:0.013m Fn abc 14:38 Ayuda Inicio Fin Log Filtro Quitar</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Pulsar Fn Filtro para acceder a la pantalla Orden y Filtros. |
|  <p>Orden y Filtros Points Ordenar por: ID Pto. Ascendente Filtro por: Código de Punto 3DCQ:0.015m 2DCQ:0.008m 1DCQ:0.012m Fn abc 14:34 OK Codigs Replan</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Configurar Filtro por: Código de Punto. • Pulsar Codigs para acceder a la pantalla Filtro Código de Punto. |
|  <p>Filtro Código de Punto Código Activado TSP No TSB No TSPT No EL Si EP No ELP No ET No SV No FP No 3DCQ:0.012m 2DCQ:0.007m 1DCQ:0.010m Fn abc 14:42 OK Grupo Usar Ningun</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Pulsar Ningún para configurar todos los códigos con la opción No. • Resaltar el código EL y pulsar Usar para activarlo • Pulsar OK para regresar a la pantalla Orden y Filtros. |
|  <p>Orden y Filtros Points Ordenar por: ID Pto. Ascendente Filtro por: Código de Punto 3DCQ:0.015m 2DCQ:0.008m 1DCQ:0.012m Fn abc 14:34 OK Codigs Replan</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Pulsar Replan para acceder a la pantalla Filtro de replanteo. |

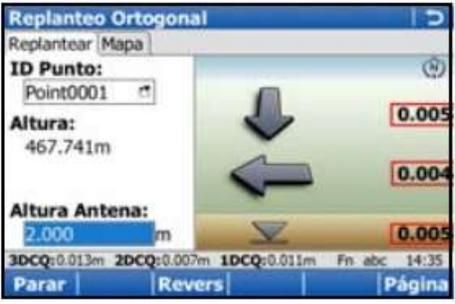
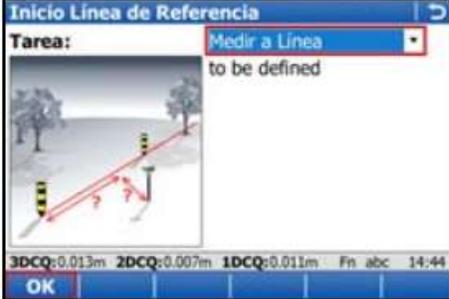
| | |
|--|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> • Configurar Ver: Puntos a Replantear. • Pulsar OK tres veces para regresar a la pantalla Replanteo Polar. |
|  | <p>Replantear un objeto puntual</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para determinar cuál es el punto más cercano para replantear primero pulsar Cerca para elegir el punto más cercano. • Desplazarse hacia el punto y pulsar Ocupar. |
|  | <ul style="list-style-type: none"> • Durante la medición del punto es posible observar las diferencias entre las coordenadas del punto en el proyecto y las coordenadas del punto medido. • Después de guardar el punto, se visualiza el siguiente punto en la lista para replantear. <p>👉 De esta forma, Habrá finalizado el replanteo de su primer punto.</p> |

Tabla 2.10: Los procedimientos de replanteo

Fuente: Elaboración propia

Línea de referencia: Medir o replantear objetos puntuales (hidrantes, postes de alumbrado, etc.) con relación a una línea de referencia.

| | |
|---|---|
|  <p>Trabajo: Customer 1 Ir a Trabajar Trabajo/Dat Instrumentc Usuaric 1 Levantamiento 2 Replantear 3 Levantamiento+ 4 Replanteo+ 5 COGO 6 Avance 7 Cambiar a menú Base RTK 3DCQ:0.011m 2DCQ:0.006m 1DCQ:0.009m Fn abc 15:22 OK</p> | <p>Comenzar Medir a Línea de Referencia</p> <ul style="list-style-type: none"> En el menú Ir a Trabajar! Seleccionar Levantamiento+ y acceder al menú Levantamiento+ También es posible accede al replanteo de una línea de referencia desde Ir a Trabajar! /Replanteo+ /Replantear Lina Referencia. |
|  <p>Trabajo: Customer 1 Ir a Trabajar Trabajo/Dat Instrumentc Usuaric 1 Levantamiento 2 1 Medir a Línea de Referencia 3 2 Plano de Referencia 4 3 Volumes & surfaces 5 4 Determinar Sist Coordenadas 6 5 Quickgrid 7 6 Levantar Sección Transversal 3DCQ:0.011m 2DCQ:0.006m 1DCQ:0.009m Fn abc 15:22 OK</p> | <ul style="list-style-type: none"> Seleccionar Medir a Línea de Referencia y continuar (Cont). |
|  <p>Inicio Línea de Referencia Tarea: Medir a Línea to be defined 3DCQ:0.013m 2DCQ:0.007m 1DCQ:0.011m Fn abc 14:44 OK</p> | <p>Definir la Tarea</p> <ul style="list-style-type: none"> Configurar Tarea: Medir a Línea y continuar (Cont). |
|  <p>Elegir trabajo de Control Alturas: Usar Pto. Inicio Selecciona Archivo de Cntrl: Customer 1 3DCQ:0.012m 2DCQ:0.007m 1DCQ:0.010m Fn abc 14:44 OK</p> | <p>Elegir trabajo de Control</p> <ul style="list-style-type: none"> Seleccionar el trabajo que contiene los puntos utilizados para definir la línea de referencia. Pulsar Cont para acceder a la pantalla Línea de Referencia a Usar. |

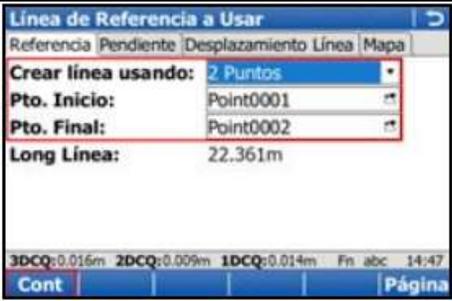
| | |
|---|---|
|  | <p>Definir la línea de referencia que se utilizará</p> <ul style="list-style-type: none"> • configurar Crear línea usando: 2 Puntos • Seleccionar un Punto Inicio • Seleccionar un Punto Final <p>Pulsar Cont para acceder a la pantalla Medir Puntos.</p> |
|  | <p>Medición del objeto puntual con relación a la línea de referencia</p> <ul style="list-style-type: none"> • En la pantalla Medir Puntos, pulsar Ocupar para medir el punto. <p>👉 De esta forma, Habrá finalizado la medición de un primer objeto puntual con relación a una línea de referencia.</p> |

Tabla 2.11: Línea de referencia

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones parciales

1. El uso de la estación total ha cambiado la forma de realizar los trabajos de levantamientos topográficos, facilitando la recolección de datos y cálculos a que antes se realizaban con diversos instrumentos.
2. Dentro de las etapas y pasos del procedimiento diseñado se tiene en cuenta el manejo del GPS (sistema de posicionamiento global).
3. Se aprendió a tomar los puntos en diferentes coordenadas, lo que facilita determinar mejor los valores medidos.

CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y ANÁLISIS COMPARATIVO

En este capítulo se elabora el correspondiente análisis comparativo de la medición realizadas mediante los dos métodos; se hace especial énfasis en aspectos de precisión, exactitud y tiempo de la medición de campo como tal; asimismo, se explican las ventajas y desventajas de utilizar un método u otro y la aplicabilidad que puedan tener en el campo de la ingeniería.

Ya que se han analizado los fundamentos teóricos de los métodos de levantamiento con estación total y GPS (sistema de posicionamiento global), corresponde al presente capítulos anteriores, para posteriormente elaborar la comparación de resultados y establecer el método más exacto y preciso. La metodología utilizada para establecer la comparación se basa en la medición de un perfil topográfico ubicado dentro del campus de la universidad de Transporte de Ho Chi Minh.

Para ello se realizarán las respectivas mediciones con los dos instrumentos topográficos, y luego se realizará la comparación de los resultados obtenidos mediante los dos métodos con información geodésica de los bancos de marca del IGN (Instituto Geográfico Nacional) de Vietnam; dichos bancos de marca (BM) corresponden al punto de inicio y final de todas las mediciones convenientemente. (BM1=1491,7443; BM2=1488,5692).

El perfil topográfico será necesario para los levantamientos con estación total; mientras que, para la medición con GPS, solo será necesario medir el punto de partida y el punto final del perfil, ya que, por ser un método de posicionamiento de satélites, no se necesita realizar un recorrido para conocer las variables de planimetría y altimetría. Las tablas y figuras presentadas son derivadas de un procedimiento de campo y gabinete; describen los datos tomados en campo y sus resultados finales analizados en el trabajo de gabinete; es decir, las libretas finales, croquis, observaciones y descripciones realizadas durante la práctica.

3.1 Ejecución de levantamiento con estación total

Para realizar el levantamiento con estación total se tomaron en cuenta todos los principios, recomendaciones y procesos explicados en el capítulo 2, adaptándolos a

conveniencia de las condiciones geográficas, climatológicas y topográficas del sitio medido.

Para realizar la medición se utilizaron los instrumentos proporcionados por el área del arsenal topográfico del departamento de topografía y transportes de la escuela de transporte de Ho Chi Minh de Vietnam, dicha instrumentación constaba de los siguientes aparatos:

- Estación total Trimble M3 serie DR (especificaciones en los anexos 2 y 4)
- Prisma estándar
- Bastón porta prisma con su respectiva punta
- Cinta métrica de nailon de 50m de longitud marca INDEX +/- 2mm

3.1.1 Datos obtenidos

Las mediciones se realizaron sobre la carretera principal de la ciudad universitaria, se eligieron las estaciones de acuerdo a la visibilidad y topografía del sitio separadas una de otras a una distancia de 10 y 50 metros. La simbología utilizada para las estaciones fue un punto encerrado por una circunferencia, denominando la estación con la letra E seguido por el número correspondiente a dicho sitio (ver figura 3.1).



Figura 3.1: Simbología utilizada para las estaciones

Fuente: elaboración propia

Es importante mencionar que la estación total utilizada tiene un alcance de 3000 metros con un prisma estándar, pero como el objetivo principal es realizar una comparación con los otros aparatos se eligieron distancias cortas, ya que el alcance de un nivel de precisión es muy limitado si se compara con una estación total; un dato importante de la estación total es que en modo prisma no puede realizar mediciones a una distancia

menor o igual a 1,5 metros y en el modo de reflexión directa (sin prisma) el alcance máximo es de 400m.

Ya que la estación total utiliza la medición electrónica de distancias, se debe ser cuidadoso con las especificaciones anteriormente descritas para no incurrir en errores accidentales que afecten significativamente el levantamiento, entre otras cosas que se observaron se debe tomar muy en cuenta lo siguiente:

- Cuando se inicie en una nueva estación es indispensable tomar la altura del instrumento e insertarla en el aparato, así como también cada que se realice una observación al prisma es necesario tomar la altura del prisma y tabularlo en la estación total
- Para realizar una medición libre de errores sistemáticos y accidentales es necesario tener el prisma a plomo, esto se logra con el nivel de burbuja circular que se encuentra situado en porta prisma (pastón)
- Se debe tener el absoluto cuidado en que la última estación observada sea completamente visible, ya que para amarrar las estaciones subsiguientes es necesario colocarse en el último punto observado y realizar la mira hacia donde se colocó el instrumento en la medición anterior

3.1.2 Procesamiento de datos

Ya que para este método se utilizó como herramienta principal la estación total, no fue necesario realizar un procesamiento de datos muy extenso. Es importante mencionar que en la pantalla del aparato se pueden visualizar los puntos medidos en la función mapa; también, se puede apreciar la información de dichos sitios: como el norte, el este, la cota y el nombre de la estación.

Ya que el microprocesador de una estación total difiere del de una computadora, los archivos que se muestran en una estación total tienen una extensión. JOB el cual no es reconocible para una PC de usuario común. En el caso en que la estación total sea antigua se tendrá que utilizar software adicional para obtener los datos y realizar los respectivos planos; pero si se cuenta con tecnología más o menos reciente, la conversión de archivos se puede realizar desde el propio instrumento. Para este caso se utilizará la

segunda opción, y antes de transferir el archivo a un dispositivo usb, se realizó la respectiva conversión a formato .DWG y .CSV que son archivos típicos manejados por programas como AutoCAD y Excel.

| P.O. | Norte (m) | Este (m) | Elevación (m) |
|------|-------------|------------|---------------|
| BM-1 | 1614200,610 | 764484,150 | 1491,744 |
| E-1 | 1614228,797 | 764442,592 | 1491,398 |
| E-2 | 1614233,246 | 764369,963 | 1490,625 |
| E-3 | 1614245,143 | 764312,874 | 1488,919 |
| E-4 | 1614248,617 | 764287,099 | 1488,140 |
| E-5 | 1614260,151 | 764215,309 | 1486,191 |
| E-6 | 1614217,105 | 764132,527 | 1485,895 |
| E-7 | 1614172,722 | 764129,128 | 1485,566 |
| E-8 | 1614115,110 | 764121,514 | 1485,273 |
| E-9 | 1614023,182 | 764111,394 | 1484,440 |
| E-10 | 1613908,576 | 764068,877 | 1483,138 |
| E-11 | 1613933,960 | 763909,130 | 1483,152 |
| E-12 | 1613943,822 | 763795,506 | 1482,314 |
| E-13 | 1613865,837 | 763769,144 | 1481,206 |
| E-14 | 1613804,693 | 763766,047 | 1481,068 |
| E-15 | 1613814,055 | 763762,403 | 1481,046 |
| E-16 | 1613751,630 | 763753,762 | 1480,377 |
| E-17 | 1613705,000 | 763750,775 | 1479,394 |
| E-18 | 1613674,983 | 763679,291 | 1477,429 |
| E-19 | 1613677,121 | 763612,446 | 1475,946 |
| E-20 | 1613619,976 | 763553,950 | 1474,410 |
| E-21 | 1613598,101 | 763537,991 | 1474,246 |
| E-22 | 1613576,243 | 763522,093 | 1474,110 |
| E-23 | 1613530,567 | 763487,571 | 1473,804 |
| E-24 | 1613508,186 | 763470,864 | 1473,680 |
| E-25 | 1613484,372 | 763447,313 | 1473,603 |

| | | | |
|------|-------------|------------|----------|
| E-26 | 1613493,387 | 763376,680 | 1472,903 |
| E-27 | 1613497,364 | 763348,385 | 1472,342 |
| E-28 | 1613493,393 | 763317,216 | 1471,364 |
| E-29 | 1613530,940 | 763230,117 | 1469,915 |
| E-30 | 1613605,149 | 763237,359 | 1470,903 |
| E-31 | 1613687,988 | 763248,797 | 1472,437 |
| E-32 | 1613709,576 | 763251,643 | 1472,864 |
| E-33 | 1613774,522 | 763261,736 | 1473,862 |
| E-34 | 1613798,843 | 763274,436 | 1474,305 |
| E-35 | 1613846,893 | 763318,007 | 1475,156 |
| E-36 | 1613857,385 | 763341,341 | 1475,583 |
| E-37 | 1613860,361 | 763362,030 | 1475,933 |
| E-38 | 1613897,051 | 763404,782 | 1477,476 |
| E-39 | 1613909,536 | 763414,933 | 1477,960 |
| E-40 | 1613956,207 | 763443,332 | 1479,568 |
| E-41 | 1613974,933 | 763448,670 | 1480,073 |
| E-42 | 1614029,516 | 763463,925 | 1481,650 |
| E-43 | 1614083,398 | 763479,455 | 1482,804 |
| E-44 | 1614109,820 | 763486,815 | 1482,954 |
| E-45 | 1614133,204 | 763493,544 | 1483,165 |
| E-46 | 1614183,280 | 763507,644 | 1483,914 |
| E-47 | 1614208,896 | 763515,002 | 1484,245 |
| E-48 | 1614234,464 | 763522,154 | 1484,554 |
| E-49 | 1614258,216 | 763547,360 | 1484,751 |
| E-50 | 1614284,997 | 763555,449 | 1485,133 |
| E-51 | 1614303,009 | 763564,943 | 1485,458 |
| E-52 | 1614328,895 | 763610,261 | 1486,232 |
| E-53 | 1614319,687 | 763634,464 | 1486,469 |
| E-54 | 1614312,656 | 763690,271 | 1487,933 |
| E-56 | 1614276,031 | 763744,961 | 1488,754 |

| | | | |
|------|-------------|------------|----------|
| E-57 | 1614247,794 | 763741,472 | 1488,799 |
| BM-2 | 1614213,068 | 763733,670 | 1488,576 |

Tabla 3.1: Procesamiento de datos levantamiento con estación total

Fuente: Elaboración propia

Luego de obtenidos los datos, se procedió a ordenarlos y brindarles un formato estético, los cuales se muestran en la tabla VI de la página anterior; donde se puede observar toda la información obtenida durante el levantamiento.

Con relación a los errores obtenidos en los cambios de estación con el aparato, se presentaron diferencias que varían entre 2,00 mm y 1,00 cm. Así mismo, se puede decir que el tiempo utilizado para el procesamiento de datos en levantamientos con estación total es mínimo y sin mayor dificultad.

3.2 Ejecución de levantamiento con GPS

La medición utilizando el GPS se realizó tomando en cuenta los principios explicados en el capítulo 2, el equipo también fue brindado por el Departamento de Topografía y Transportes de la universidad de transporte de Ho Chi Minh de Vietnam. Entre los instrumentos más importantes están:

- Receptor de mono-frecuencia GPS, marca Leica GS10 (especificaciones en los anexos 3 y 5)
- Antena de receptor GPS externa, marca Leica GS10
- Bastones porta antena
- Bi-podes
- Cinta métrica de metal

3.2.1 Datos obtenidos

Para el levantamiento con receptor diferencial GPS, se utilizó el mismo recorrido que con los métodos anteriores, con la diferencia que solo se utilizaron los puntos más representativos de toda la medición; en un principio se había establecido que se utilizarían nada más el punto inicial y final, pero se cambió de criterio ya que algunos puntos del recorrido también son de vital importancia para la comparación; de igual

manera, tampoco, se midieron todos los puntos de los recorridos anteriores ya que el tiempo de medición hubiese sido abrumador a causa del nivel de exactitud requerido para el levantamiento.

El método utilizado para el levantamiento con GPS fue el método estático relativo, para el cual son necesarios dos receptores GPS: el receptor fijo el cual debe ser nivelado y centrado en un punto con coordenadas conocidas y el receptor móvil el cual hace el recorrido durante toda la fase de medición. Para este caso el receptor fijo se quedó en un banco de marca ubicado frente al Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII); los datos de dicho banco de marca fueron brindados por el Departamento de Topografía de la misma área. El receptor móvil hizo el recorrido desde el banco de marca 1 (BM1) hasta el punto final denominado banco de marca 2 (BM2); el tiempo promedio para tomar los datos de cada estación fue de 20 minutos, sin incluir el tiempo de recorrido entre una estación y otra, que es alrededor de 5 a 10 minutos más.

Así mismo, se utilizaron los datos de una tercera estación ubicada en el Instituto Geográfico Nacional (IGN), el cual opera las 24 h horas al día durante todo el año. Dicha estación es necesaria para afinar los datos y brindarle la exactitud necesaria al levantamiento y así realizar la respectiva triangulación en el post proceso. Los datos obtenidos en la medición son patrones crudos, los cuales no se pueden mostrar mediante tablas ya que solo es posible observarlos en los receptores GPS.

3.2.2 Procesamiento de datos

Como ya se había mencionado anteriormente, los datos obtenidos son simples códigos y patrones a los cuales no se les puede brindar ninguna interpretación. Para realizar un post proceso adecuado se debe contar con la ayuda de software adicional, el cual es brindado por la entidad que vende los instrumentos y receptores GPS; en este caso, se utilizó el programa Ashtech Solutions 2.50 que viene por defecto con los receptores GPS Leica GS10.

Luego de tener el respectivo programa instalado en una computadora, se deben conectar los receptores GPS utilizados en la medición a la computadora y realizar el respectivo traslado de datos; para realizar el post proceso se utilizó el programa antes mencionado con lo cual se obtuvieron los datos de los puntos medidos. El programa ofrece la

posibilidad de obtener la información del sitio en sistema de coordenadas planas (norte, este, altitud), también, coordenadas geográficas (latitud, longitud, distancia radial). En la tabla 3.2 se pueden observar los datos post procesados del levantamiento realizado.

| Estación | Este (m) | Norte (m) | Hlt. Optométrica (m) |
|----------|------------|-------------|----------------------|
| BM-1 | 764484,147 | 1614200,610 | 1492,358 |
| E-4 | 764286,668 | 1614246,906 | 1488,714 |
| E-6 | 764132,358 | 1614214,055 | 1486,542 |
| E-20 | 764071,389 | 1613904,903 | 1483,694 |
| E-12 | 763797,624 | 1613937,724 | 1482,827 |
| E-17 | 763754,984 | 1613698,453 | 1479,866 |
| E-19 | 763616,873 | 1613669,310 | ,2051476,327 |
| E-21 | 763543,032 | 1613595,748 | 1474,688 |
| E-25 | 763453,215 | 1613481,033 | 1473,900 |
| E-28 | 763322,743 | 1613488,907 | 1471,889 |
| E-30 | 763242,587 | 1613600,288 | 1471,288 |
| E-33 | 763265,053 | 1613769,697 | 1474,292 |
| E-36 | 763343,947 | 1613847,170 | 1475,983 |
| E-39 | 763417,032 | 1613900,038 | 1478,315 |
| E-42 | 763464,918 | 1614020,509 | 1482,001 |
| E-45 | 763493,537 | 1614124,513 | 1483,534 |
| E-48 | 763521,147 | 1614226,077 | 1484,906 |
| E-51 | 763563,956 | 1614295,205 | 1485,820 |
| E-54 | 763688,521 | 1614306,054 | 1488,233 |
| BM-2 | 763732,916 | 1614213,083 | 1489,168 |

Tabla 3.2: procesamiento de datos levantamiento con GPS

Fuente: elaboración propia

3.3 Resultados y análisis comparativo

3.3.1 Comparación entre los levantamientos topográficos con estación total y GPS

En este apartado se elabora el correspondiente análisis comparativo de las mediciones realizadas mediante los dos métodos; se hace especial énfasis en aspectos de precisión, exactitud y rendimiento de la medición de campo como tal; así mismo, se explican las ventajas y desventajas de utilizar un método u otro y la aplicabilidad que puedan tener en el campo de la ingeniería.

3.3.1.1 Tiempos de trabajo

- Estación total: la medición de campo con estación total se efectuó con una cantidad de 22 estaciones y un total de 75 puntos observados. Para realizar la medición se necesitaron 4 días de trabajo con un tiempo de medición efectivo de 14 horas con 4 minutos. El tiempo requerido para el post proceso de los datos fue de aproximadamente 15 minutos, lo que conlleva la obtención de la libreta en Excel y el croquis en AutoCAD de los puntos medidos.
- Sistema de posicionamiento global (GPS): el levantamiento con sistema de posicionamiento global se llevó a cabo en 4 días con un tiempo de trabajo efectivo de 9 horas con 6 minutos, para ello se necesitaron de dos puntos de control (estaciones base) y 20 puntos observado (estaciones móviles). El tiempo para realizar el post proceso de los 4 archivos obtenidos se realizó en 1 hora con 20 minutos, con lo cual se obtuvieron las coordenadas planas UTM de los puntos observados.

Analizando los resultados respecto a los tiempos de trabajo efectivos en campo, se ve que el método que tomó mayor tiempo de medición fue el levantamiento con estación total; mientras que con el método de GPS se obtuvo una reducción en el tiempo de 37,24%; sin embargo, con el sistema de posicionamiento global solo se observaron 20 puntos ya que no se hacía necesario realizar todo recorrido para conocer las diferencias de nivel entre el punto inicial y el final. Lo quiere decir que si se hubieran medido los 59 puntos de todo el recorrido el tiempo efectivo de trabajo con GPS sería a de 29 horas y 30 minutos lo cual es excesivo para un levantamiento de un perfil topográfico.

Respecto a los tiempos de trabajo necesarios para la realización del post proceso se observa que el método con mayor tiempo de trabajo de gabinete es el GPS, mientras que con un post proceso de estación total se obtuvo una reducción de tiempo de 81,25%.

3.3.1.2 Mediciones

3.3.1.2.1 Distancias

Para el análisis comparativo de distancias se analizan los resultados brindados por la estación total y el sistema de posicionamiento global (GPS), asimismo se toma en cuenta el alcance, la precisión y los factores influyentes en el momento de la medición.

- Estación total: los 75 puntos observados se posicionaron a una distancia que va desde los 20,0 m hasta los 200,0 m uno de otro; el alcance del EDM de la estación total utilizada no se comprobó de manera experimental; ya que con el prisma estándar empleado según la teoría se podían alcanzar distancias de hasta 3 000,0 m. lo cual no fue necesario para nuestro levantamiento. Respecto a la precisión del método se midió (2983.673m) con el error relativo porcentual el cual fue de 0,0006%.
- Sistema de posicionamiento global: con este instrumento se registraron 20 puntos pertenecientes al perfil, el alcance depende del tiempo que se le dedica a la estación que se está midiendo; experimentalmente se realizaron observaciones que alcanzaron los 900,0 m de distancia entre la estación base y la estación móvil; sin embargo, teóricamente el instrumento puede captar señales hasta los 10 km de distancia entre un punto y el otro. Respecto a la precisión del método, se determinó que el error relativo porcentual con relación a la distancia patrón determinada con cinta métrica (2983,673m) fue de 0,05 %.

3.3.2.2. Nivelación

El Instituto Geográfico Nacional brindó los datos altimétricos de dicho banco de marca; esto con el objeto de comparar los datos obtenidos con los dos aparatos (estación y GPS), analizar y comparar las diferencias altimétricas entre estas con el dato de referencia para determinar cuál de los dos métodos es el más exacto:

- Estación total: para todas las observaciones realizadas se obtuvo un promedio en la altura del aparato de aproximadamente 1,00 m hasta los 1,50 m. Así mismo, la altura del

prisma se mantuvo en un intervalo de 1,50 m hasta los 2,50 m. dependiendo de las situaciones geográficas y obstáculos encontrados en el sitio de la medición. Con relación a la precisión del levantamiento con este método se obtuvo un error absoluto de + 0,007 m y el error relativo porcentual fue de + 0,0005 %, el signo más significa que el dato obtenido con el instrumento estuvo arriba del dato real.

- Sistema de posicionamiento global: la altura de la estación móvil y la estación base en el momento de la medición estuvo en un rango de 1,60 m hasta los 2,00 m. Con relación a la precisión el levantamiento realizado con GPS presento un erro absoluto de + 0,599 m y el error relativo porcentual fue de + 0,004 %.

Analizando los datos obtenidos, se puede apreciar que el método más exacto fue el levantamiento realizado con estación total ya que solo se ubicó 7,0 mm por encima del dato real (denominado BM-2 brindado por el IGN).

Esta diferencia significativa se debe a que la tecnología GPS utiliza el tiempo recorrido por las señales emitidas por la red de satélites de cierta área para determinar la posición del receptor; es decir, dichas señales dependen mucho del estado del clima, de si el área donde se realiza la medición se encuentra despejada, si dicha señal no sufre alteraciones debido a múltiples trayectorias por construcciones cercanas o bien por otras señales que se emiten en el área; como último punto se tiene la antigüedad de los aparatos utilizados, en comparación con los instrumentos GPS actuales que presentan precisiones mayores para realizar levantamientos.

3.3.2 Ventajas y desventajas

- **Estación total**

Entre las ventajas de realizar un levantamiento con estación total se puede mencionar que no es necesario tomar medidas horizontales, ya que el instrumento emplea un sistema de medición electrónico (EDM). Así mismo, no se requiere tomar datos manualmente, ya que el microprocesador almacena todos los datos de las observaciones realizadas. Entre otras ventajas se tiene que se pueden medir grandes distancias y desniveles, ya que el telescopio tiene movimiento horizontal y vertical; asimismo, se logra mayor precisión porque incurre en menor grado a los errores sistemáticos y el post

proceso es muy sencillo de realizar. Gracias a todo lo anterior se reduce significativamente el tiempo de trabajo empleado para un levantamiento.

Entre sus desventajas se tiene que es necesario tomar la altura del instrumento en cada estación realizada, así como también registrar la altura del bastón en cada observación realizada. Con relación al precio de una estación total se puede decir que son muy elevados con relación a instrumentos tradicionales.

- **GPS**

Entre las ventajas de utilizar uno a varios receptores GPS para un levantamiento se puede referir a que se pueden medir grandes distancias, ya que no es necesario que se tenga visibilidad de una estación a otra, en comparación con la estación y el nivel. Así mismo, la manipulación y nivelación del instrumento es fácil y sencilla de realizar.

Las desventajas de utilizar este instrumento son diversas: depende mucho de las cuestiones climáticas, ya que el simple hecho de que haya demasiadas nubes aumenta significativamente el tiempo de la medición, aproximadamente 10 a 15 minutos por cada estación realizada. Asimismo, se debe estar lejos de obstáculos como árboles o edificios ya que existe el riesgo de datos erróneos por la reflexión de las señales satelitales; por último, el precio de un GPS sobrepasa por mucho a los instrumentos tradicionales.

3.3.3 Resultados

Se resumen los datos obtenidos de las mediciones y del análisis comparativo en la tabla. Las comparaciones se dividen en tres aspectos importantes como el tiempo, distancia y nivelación

| | Estación total | GPS |
|-------------------------|-----------------------|------------|
| Tiempo | | |
| Campo (h:min) | 14:04 | 9:06 |
| Gabinete (h:min) | 0:15 | 1:20 |
| Distancia | | |
| Recorrido | 2983,655 | 2982,181 |
| Alcance instrumento (m) | 1,5-3000 | 1,0-15000 |
| Puntos observados | 75 | 20 |
| Error porcentual (%) | 0,0006 | 0,05 |
| Nivelación | | |
| BM-1 (msnmm) | 1491,744 | 1492,358 |
| BM-2 (msnmm) | 1488,576 | 1489,168 |
| Error absoluto (m) | +0,007 | +0,599 |
| Error porcentual (%) | 0,0005 | 0,004 |

Tabla 3.3: Resultados obtenidos

Fuente: elaboración propia

Conclusiones parciales

1. Los datos obtenidos mediante los dos métodos se concluye que el método más preciso es el levantamiento realizado con estación total, ya que arrojó los valores más cercanos al dato real; además es el más conveniente en cuanto a grandes pendientes y distancias. El segundo instrumento con datos altimétricos más preciso fue el nivel de precisión, teniendo como ventaja que las estaciones se pueden colocar cualquier sitio que sea conveniente para lo puntos observados. El levantamiento menos preciso fue el que se realizó mediante el sistema de posicionamiento global. Uno de los aspectos importantes que se debe resaltar es que el GPS se puede colocar en cualquier sitio y no necesita de visibilidad entre una y otra estación como con los instrumentos de estación total y nivel de precisión.
2. Se analizan los tiempos de trabajo que fueron necesarios para cada medición respecto al trabajo de gabinete se tiene que: el método que ofrece mayor facilidad para la obtención de resultados es el levantamiento con estación total, esto debido a que la toma de datos es electrónica desde el momento en que inicia la medición; y otro método, está la medición por medio de GPS la cual conllevó un mayor tiempo de trabajo en cuanto a post proceso, esto debido a los programas que se deben utilizar para transformar los datos crudos. Sin embargo al comparar los tiempos totales de trabajo de campo y de gabinete, el equipo más rápido para determinar elevaciones es la estación total y el receptor GPS.

CONCLUSIONES GENERALES

1. Es indiscutible que el uso de un par de receptores de GPS de precisión y de la estación total, es la combinación perfecta para efectuar prácticamente cualquier tipo de levantamiento topográfico, de manera de garantizar la eficiencia, seguridad de la información y pronta respuesta a los requerimientos del proyecto, independientemente de la ubicación geográfica, Topografía del lugar, vegetación y condiciones atmosféricas, entre otras. Puede decirse (Torres A V. E., 2009) que debido a que la información inicial se obtiene en formato digital y para la captura de datos se utiliza GPS y estaciones totales, así como el uso de las herramientas CAD en la obtención del plano topográfico, se puede afirmar que hoy en día es posible hacer un levantamiento topográfico automatizado de principio a fin.
2. La gran ventaja que tiene la estación total sobre los sistemas satélites son los trabajos bajo techo y subterráneos y aquellos donde el operador no puede acceder como torres eléctrica o riscos, pues este se puede hacer con un sistema de medición sin prisma de hasta 3000 metros, operado por una sola persona y desde un solo punto.
3. Las ventajas de estos sistemas satélites en la Topografía con respecto a la estación total son, una vez fijada la base en tierra no es necesario más que una sola persona para tomar los datos, mientras que la estación requería de dos, el operador de la estación total y el operario que situaba el prisma. aun que, con la tecnología de estación total Robótica, esto ya no es necesario, los costos de los GNSS han bajado tanto que han ido desplazando a aquellas en campo abierto ya que la estación total exige que exista una línea visual entre el aparato y el prisma, lo que es innecesario con el GNSS, aunque por su parte el GNSS requiere al operario situarse en dicho punto, lo cual no siempre es posible.

RECOMENDACIONES

1. Fomentar por parte del Jefe de departamento la aplicación del manual para la asignatura Topografía.
2. Proponer al Coordinador de Carrera aplicar la metodología para evaluar los resultados obtenidos de la misma.
3. A la Empresa Nacional de Investigaciones aplicadas (ENIA) utilizar los resultados de este trabajo de diploma como herramienta de trabajo para el levantamiento Topográfico.
4. A los ingenieros civiles saber los procedimientos y diferencias entre 2 tecnologías estación total y el sistema GPS.

BIBLIOGRAFÍA

. (s.f.).

Academia. (20 de Enero de 2019). Obtenido de

https://www.academia.edu/7067269/Apuntes_de_Topograf%C3%ADa_II_Altimetr%C3%ADa

Alcantara D. (1999). *Apuntes de Topografía*. México: D.F.

Alcántara G, A. (2001). *Topografía*. México: Fundación ICA.

Alfredo, R. (2012). *Aplicaciones y uso de la tecnología de GPS diferencial de doble frecuencia con precisión centimétrica en el área de levantamiento y replanteo topográfico georeferenciado*. Salvador: Ciudad universitaria.

Anderson J. (1988). *Introducción a la topografía*. México: D.F.

Aura T. (2015). *TOPOGRAFÍA CON ESTACIÓN TOTAL*. Cajamarca.

Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2008). *Quy phạm thành lập bản đồ địa chính tỷ lệ 1:200, 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000 và 1:10000*. Hà Nội.

Bustos. (2010). *La Estación Total*.

Casanova M. L. (2002). *Sistema de Posicionamiento Global (G.P.S.)*.

CASANOVA, L. (3 de 4 de 2019). *Topografía Plana*. Obtenido de http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros-electronicos/Libros/topografia_plana/pdf/topografia.pdf

Castaña, M. (2017). *Fundamentos del sistema GPS*.

Chương, H. V., & Tùng, P. G. (2011). *Hệ thống định vị toàn cầu*. Huế: Đại học nông lâm huế.

Cómo funciona el sistema de posicionamiento GPS. (2016). Obtenido de <https://www.aristasur.com/contenido/como-funciona-el-sistema-deposicionamiento-gps>

Coreia, P. (2002). *Guía práctica del GPS*. Barcelona, España: Marcombo S.A.

CORNEJO DEL VALLE, M. (1996). *Conocimiento y manejo de una estación total electrónica. Trabajo de graduación de Ing. Civil*. Guatemala: Facultad de Ingeniería.

Duchén, R. (1999). *Cartografía y uso de la tecnología GPS*. Santa Cruz: Imprenta El País.

El receptor GPS. (3 de 4 de 2019). Obtenido de

<http://www.mecinca.net/Presentaciones/EL%20RECEPTOR%20GPS.htm>

El sistema GPS. (3 de 4 de 2019). Obtenido de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/gpsrec.html>

Farjas M. (2006). *Aplicaciones Topográficas del GPS*.

Ferguson, M. (1998). *GPS Land Navigation*. (4, Ed.) Boise, Idaho. USA.

Gaspar, R. A. (2002). *Propuesta de una metodología para el levantamiento catastral de predios rurales mediante el uso del GPS en la selva*. Lima: Universidad nacional de ingeniería.

- Geosystem, A. (1999). *GPS Basics* (Vol. 1). Heerbrugg: Leica.
- González Alcaraz P. (s.f.). *LEVANTAMIENTO MEDIANTE GPS*.
- González J. (2005). *Incertidumbre y errores en topografía*. Madrid: Universidad politécnica de Madrid.
- Guajira D. (2007). *Sistema de posicionamiento global-GPS. Mejora de los sistemas de cartografía del territorio colombiano*.
- Guillermo B. (2016). *La estación total*. México.
- Hernández L. (2011). *Manual de operación de la Estación Total*.
- Holanda Blas, M., & Ortega, B. (1998). *GPS Y GLONASS*. Madrid.
- IGM. (2017). *Estaciones terrestres SIRGLAS*.
- Jáuregui, L. (2008). *Curso Básico GPS*.
- Jimenez C, G. (2007). *Topografía para Ingenieros Civiles*. Armenia: Universidad del Quindio.
- L, G. (2009). *Topografía*.
- Lê Quốc Huy. (2013). *Đồ án cuối kì môn trắc địa*. Hồ Chí Minh: Đh Giao giao vận tải Hồ Chí Minh.
- Leica. (13 de enero de 2019). *leica geosystems*. Obtenido de http://w3.leica-geosystems.com/downloads123/zz/general/general/brochures/surveying_es.pdf
- Leica. (s.f.). *Introducción al sistema GPS (Sistema de Posicionamiento Global)*.
- Mansilla González, J. (2007). *Comparación entre la precisión de la nivelación diferencial y la nivelación trigonométrica*. Guatemala.
- Mansueto, S. (2010). *Aplicación del sistema GPS en líneas de transmisión de alta tensión*. Lima-Perú.
- Mantilla F. (2012). *Aplicación de nuevas tecnologías en topografía*. Quito.
- Marquez L. (2016). *Diferentes tipos de levantamientos y aplicaciones*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/112761719/MetodosLevantamiento-Con-GPS>
- McCormac, J. (2008). *Topografía*. Mexico.
- Meléndez E. (2008). *Estación total aplicada al levantamiento topográfico de una comunidad rural*. México: D.F.
- Mendez M. (2014). *Análisis comparativo de levantamientos por método taquimétrico y levantamiento empleando estación total*. Guatemala.
- Mendoza J. (2017). *Topografía*. Lima, Peru: Versión 5.
- Ministerio de Bienes Nacionales. (2010). *Manual de Normas Técnicas de Mensura*. Chile: 2 edición.
- Natalia. (13 de Enero de 2019). *Researching GNSS and Real Estate delimitation – Investigando sobre GNSS y delimitación de la propiedad*. Obtenido de <https://nagarvil.webs.upv.es/observables-gps/>

- NUÑEZ-GARCÍA, A., VALBUENA, J., & VELASCO, J. (1992). *GPS La Nueva Era de la Topografía. Ediciones de las Ciencias Sociales*. Madrid: S.A.
- Pachas, L. P. (2015). *Topografía*.
- Peñafiel, J., & Zayas. (2001). *Fundamentos del sistema GPS y aplicaciones en la topografía*. Madrid.
- Pozo Ruz, A., & Otros. (2010). *SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)IS. E.T.S. Ingenieros de Telecomunicación*. Universidad de Málaga.
- Quang, V. T. (2002). *Công nghệ GPS động và khả năng ứng dụng trong công tác đo vẽ bản đồ tỷ lệ lớn tại Việt Nam*. Luận văn Thạc Sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Mở -Địa chất.
- Regme A. (2017). *Red GNSS de monitoreo continuo del Ecuador*.
- Reyes, M., & Hernández, A. (2003). *Tratamiento de errores en levantamientos topograficos*. Mexico.
- Ricardo Desdín, S., & Gutiérrez, A. (2007). *Perspectivas del empleo del Sistema Global de Posicionamiento (GPS) en el estudio de los movimientos recientes de las fallas activas de la corteza terrestre en la región niquelífera de Holguín*. Holguín: Memorias. V Congreso Internacional Geomática 2007.
- Salazar Marroquín, S. (2009). *Guía práctica para el uso del receptor GPS de monofrecuencia L1*. Guatemala.
- SOKKIA SERIES FX. (12 de enero de 2019). *Sokkia*. Obtenido de https://latin.sokkia.com/sites/default/files/product/downloads/fx_b_esla_a4web.pdf
- Sokkia, C. (2005). *Manual de Operaciones*. USA: POINT, Inc.
- Técnicas de medición GPS en Topografía I*. (3 de abril de 2019). Obtenido de <http://detopografia.blogspot.com/2013/03/tecnicas-de-medicion-gps-en-topografia-i.html>
- Tecnoceano A. (12 de enero de 2019). *la topografía en estudios hidrográficos*. Obtenido de <http://blog.tecnoceano.com/?p=181>
- Thales. (2005). *Guía básica de utilización ProMark3*. Thales Navigation.
- Torres A, & Villate E. (2001). *Topografía*. Bogotá: Pearson.
- Torres A, V. E. (2009). *Topografía 4ª edición*. Colombia: Bogota Pearson Educación.
- Valencia, M. I. (2011). *Manual de operación de la Estación Total*.
- Wakker, W. P. (2003). *land registration and cadastre in the Netherlands, and the role of cadastral boundaries: the application of GPS technology in the survey of cadastral boundaries*. Geopatial Engine.
- Wolf, P. (2009). *Topografía*. México D.F.: Alfaomega.
- Y, C., M, M., & A, P. (2011). *LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO CON ESTACIÓN TOTAL DEL PATIO CENTRAL INACAP MAIPÚ*.

Zeiske K. (2000). *Principios básicos de Topografía*. Heerbrugg.

ANEXOS
Anexo 1 Resumen de las fuentes de error del sistema GPS

| Resumen de las fuentes de error del sistema GPS Errores típicos, en Metros (Por cada satélite) | | | |
|---|------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Fuentes de Error | GPS Actual Desde 2/5/2000 | GPS Standard Hasta 2/5/2000 | GPS Diferencial |
| Reloj del Satélite | 1.5 | 1.5 | 0 |
| Errores Orbitales | 2.5 | 2.5 | 0 |
| Ionosfera | 5.0 | 5.0 | 0.4 |
| Troposfera | 0.5 | 0.5 | 0.2 |
| Ruido en el Receptor | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| Disponibilidad Selectiva | 0 | 30 | 0 |
| Exactitud Promedio de la Posición | | | |
| Horizontal | 15 | 50 | 1.3 |
| Vertical | 24 | 78 | 2.0 |
| 3-D | 28 | 93 | 2.8 |

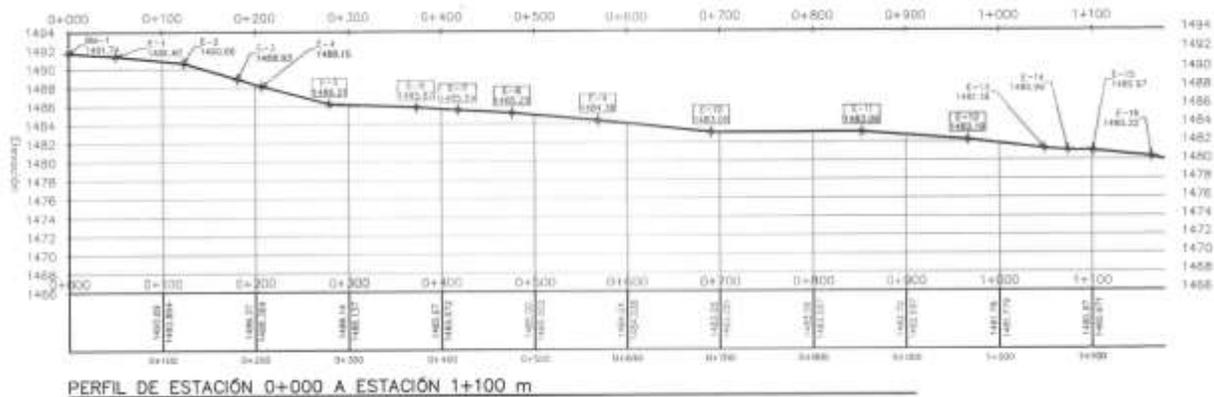
Fuente: Manual de GPS

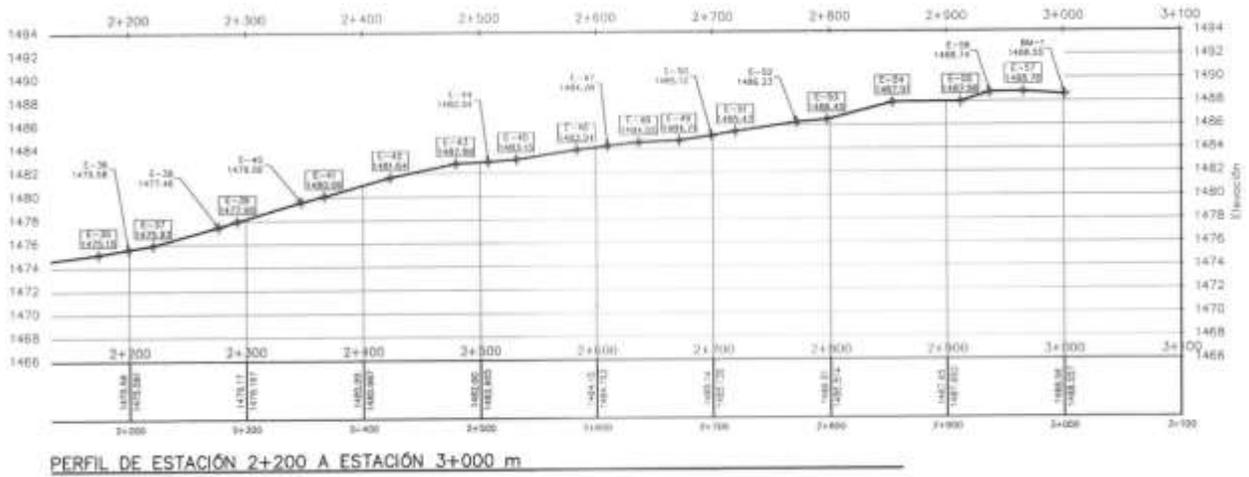
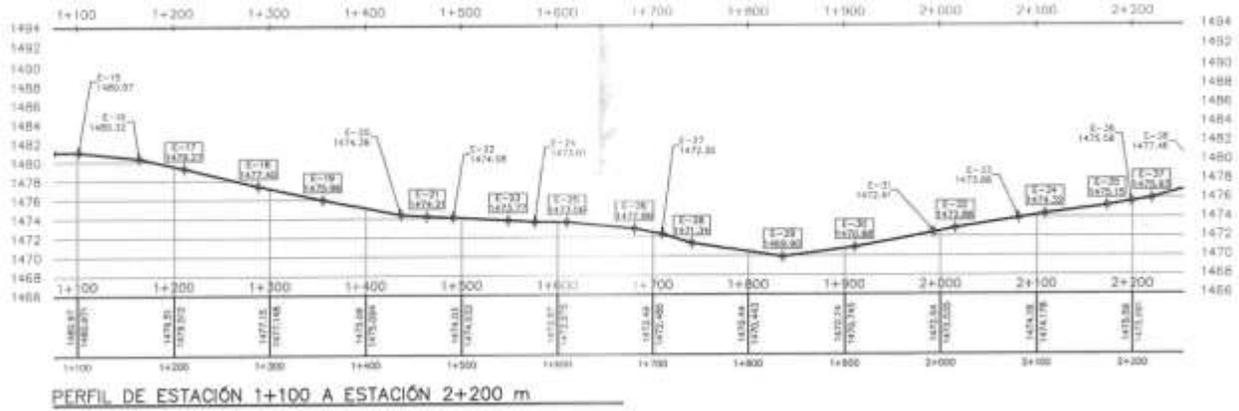
Anexo 2: GPS diferencial Leica GS10



Fuente: Leica

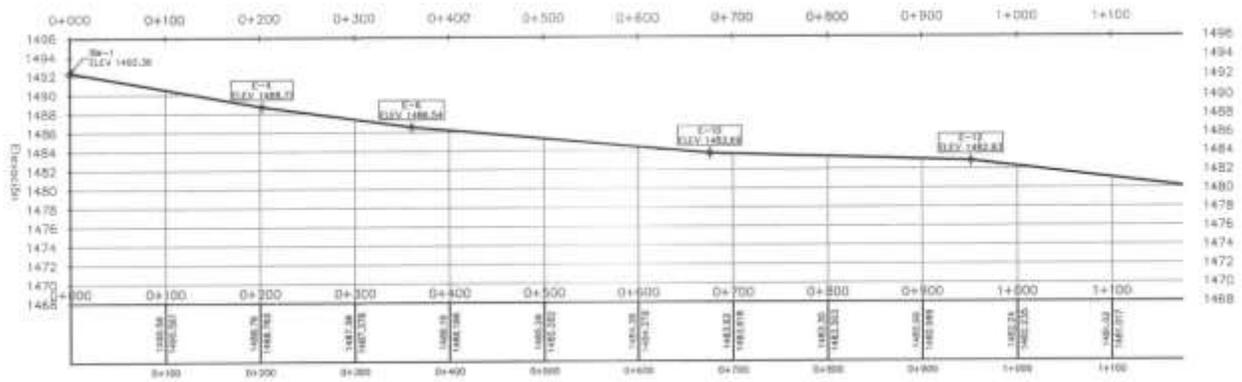
Anexo 4: Planta de levantamiento con estación total



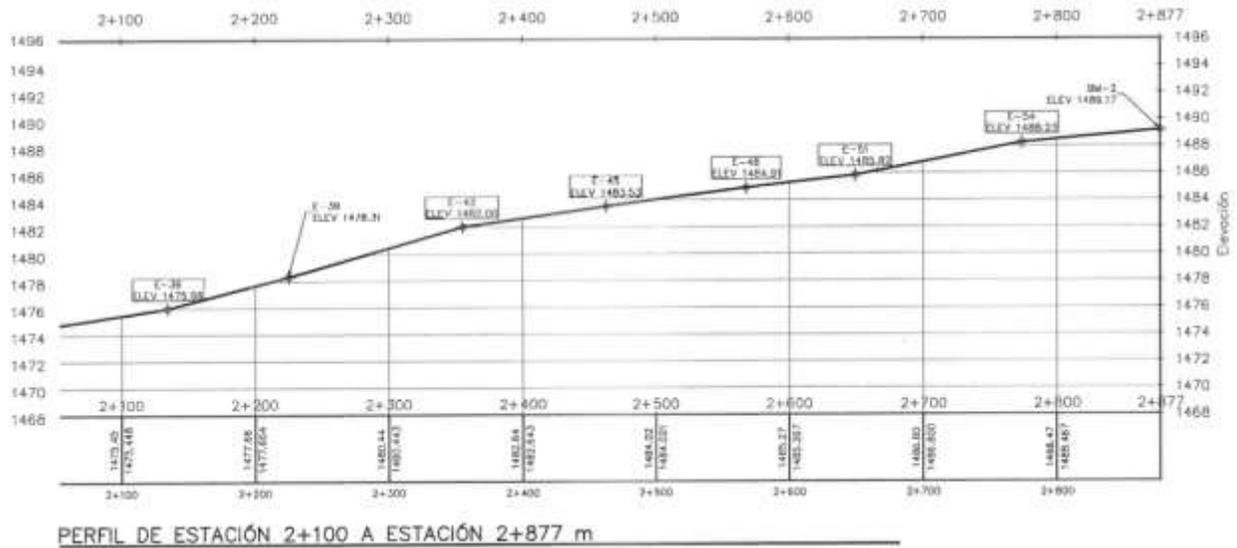
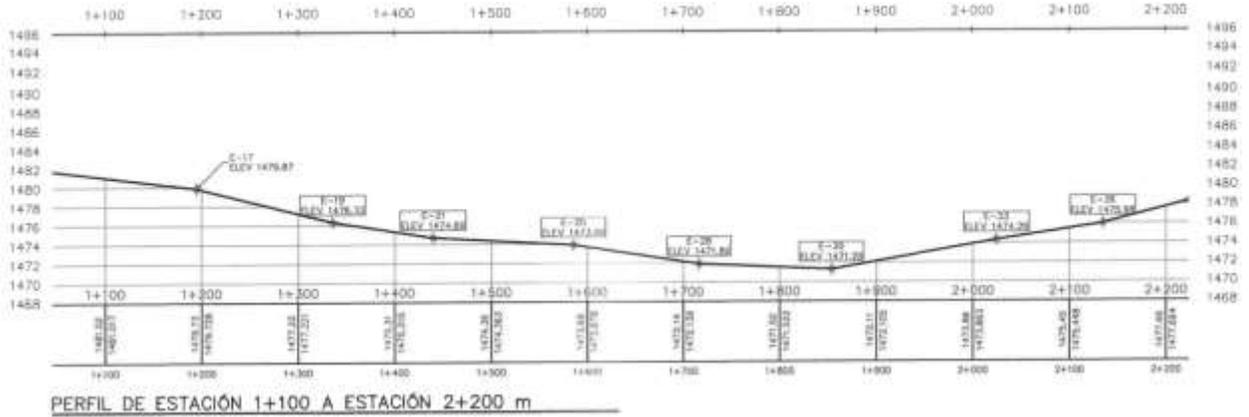


Fuente: elaboración propia en aproximación a (Lê Quốc Huy, 2013)

Anexo 5: Planta de levantamiento con GPS



PERFIL DE ESTACIÓN 0+000 A ESTACIÓN 1+100 m



Fuente: elaboración propia en aproximación a (Lê Quốc Huy, 2013)

Anexo 6: La tabla comparativa entre Estación Total y GPS

| | Estación Total | GPS |
|----------------|--|--|
| Rigurosidad | Menos Riguroso (tiene partes que se mueven y requiere mantenimiento) Resistente al Agua y al Polvo | Riguroso (no tiene partes que se muevan) A prueba de Agua y el Polvo |
| Alcance | 700m Robotic 350m Control de Maquinaria | Típico 2-5km |
| Precisión | 3mm | 20mm |
| Instalación | Instalación diaria rápida | Requiere de infraestructura inicial |
| Campo de Vista | Campo visual en línea con el instrumento | Vista al Cielo |

Anexo 7: Encuesta a ingenieros civiles de Matanzas

Encuesta a ingenieros:

Las respuestas a las siguientes preguntas son de una alta utilidad para el autor del trabajo de diploma “manual para la aplicación de sistemas GPS y estación total en las empresas del sector de la construcción en la provincia de matanzas”, quien es estudiante de quinto año de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad de Matanzas Agradezco su tiempo y amabilidad al responderlas.

Se realizarán las siguientes preguntas:

1. ¿Ha usted usado el instrumento estación total en el levantamiento topográfico?
Sí_____ No_____
2. ¿En caso de haber usado estación total en el levantamiento topográfico, identifique la importancia del ese instrumento para el levantamiento topográfico?
Poco importante_____ Importante_____ Muy Importante_____
3. En caso de haber usado estación total en el levantamiento topográfico, ¿Considera usted suficiente las facilidades, conveniencias con las que se cuenta para usarlo?
Insuficiente_____ Suficiente_____ Muy suficiente_____
4. ¿Ha usted usado el instrumento GPS en el levantamiento topográfico?

Sí_____

No_____

5. ¿Considera usted, como Ingeniero/a Civil que es útil la utilización del método GPS en la Topografía?

Sí_____

No_____

6. ¿Es necesario un manual para la aplicación del sistema GPS para los ingenieros civiles en la Topografía?

Sí_____

No_____